TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 130 - Junho - 1942

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

SECIL

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
130
Junho — 1942

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
NUNO ABRANTES
ADMINISTRADOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
BIBLIOTECÁRIO
JOSÉ DE LUCENA
CORPO REDACTORIAL
Fernando Monjardino
Francisco de Almeida e Castro
José Passos Coelho
Fernando Moitinho de Almeida

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	26$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	80$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

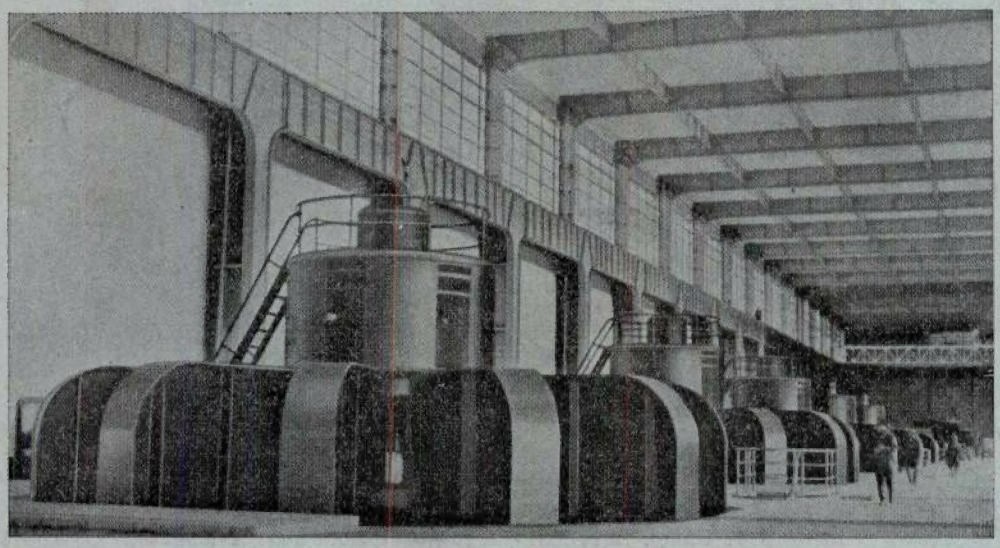
CAPA — Conduta forçada da Central de Vila Cova — Serra da Estrêla.

		Págs.
A Matemática e a Técnica		897
Sôbre a síntese duma bi-ciclo-octano-diona	Eng.º A. Borges de Almeida	924
A utilização de desperdícios	Eng.º Miguel Coelho Nunes	941
Vida Escolar e Associativa		946
Notas bibliográficas		947
Publicações recebidas		947

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A-G.
NÜRNBERG
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas
Representante:
A. Ferreira da Silva, Porto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Central hidroeléctrica com 5 geradoras General Electric de 77.500 kVA 88 r. p. m. cada um

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Electrificação de fábricas. Tracção eléctrica. Máquinas, para soldadura eléctrica. Automotoras Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Máquinas frigoríficas. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc.

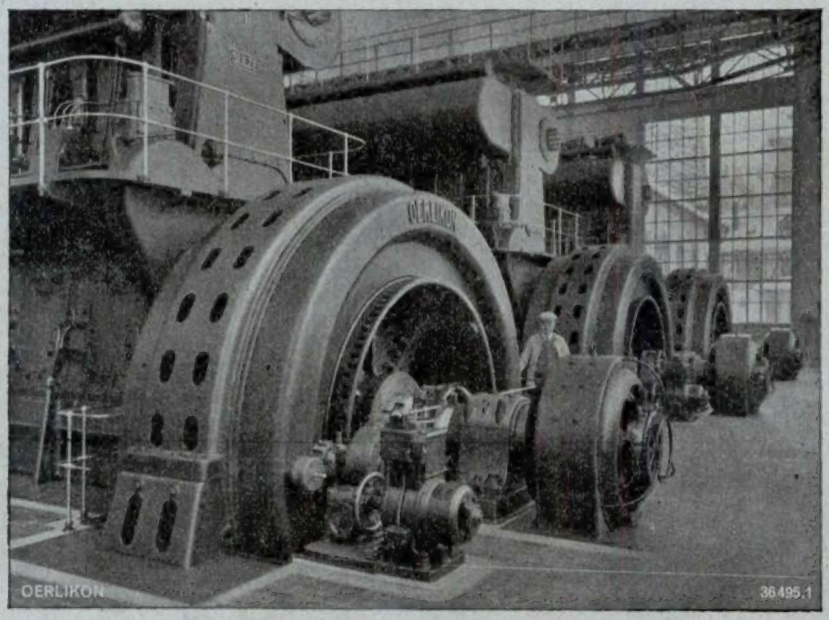
THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

OERLIKON



Central de Kubel, Saint-Gall (Suiça), equipada com três grupos Diesel-alternadores, 3 × 6250 kVA, 10700 Volts, 187 r. p. m.

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

45 816

TÉCNICA

NUNO ABRANTES
DIRECTOR

ANO XVII - N.º 130 JUNHO 1942

A MATEMÁTICA E A TÉCNICA

Êste artigo é uma tradução do relatório publicado em suplemento da Revista American Mathematical Monhly, *Vol. 48, Número 6, Junho-Julho 1941, por Thornton C. Fry, director do Laboratório de Pesquisas dos Telefones Bell.*

Achamos a sua publicação digna de todo o interêsse, não só pelo seu valor intrínseco, como também porque o Dr. Ferreira de Macedo, fará num dos próximos números da Técnica, *um comentário detalhado sôbre o assunto, tornando-o, sob certos aspectos, mais acessível.*

O presente relatório consta de três partes principais. A primeira trata dos especialistas matemáticos na indústria, chama a atenção para o carácter essencialmente consultivo dos seus trabalhos e faz algumas observações a respeito da educação, emprêgo e supervisão do pessoal dêste tipo.

A segunda parte ocupa-se, não do trabalho dêstes especialistas, mas das aplicações que a matemática tem nas mãos dos trabalhadores industriais em geral, dos vários modos como ela contribue para a economia e eficiência da pesquisa científica, e dos tipos de matemática mais utilizados. É dado um grande número de exemplos, juntamente com rápidos exames da utilização da matemática nas quatro mais importantes indústrias: comunicações, produção de electricidade, petróleo, e aviação.

A terceira parte ocupa-se de estatística, que tem vários pontos de contacto com a vida industrial, e que por conseqüência não poderia ser convenientemente discutida na parte geral do relatório.

INTRODUÇÃO

A técnica matemática é utilizada de vários modos na maioria das actividades de pesquisa e desenvolvimento, mas os homens que a utilizam não são geralmente chamados matemáticos.

A matemática desempenha também um papel importante nas pesquisas industriais, mas os serviços que presta têm um carácter especial e não tocam na parte do desenvolvimento industrial em muitos pontos.

Devido a êste contraste entre a ubiqüidade da matemática e o pequeno número de matemáticos, êste relatório será dividido em partes bem distintamente diferenciadas. Sob o título de «A Matemática e a Técnica» faz-se uma tentativa para explicar qual a espécie de serviços que podem ser esperados dos matemáticos industriais, e para desenvolver alguns princípios de primordial importância acêrca do emprêgo e direcção daqueles. Faz-se também uma tentativa para avaliar quais as necessi-

dades futuras em especialistas dêste tipo, e discutir quais as fontes onde podem ser buscados. São apresentados também breves exames sôbre a extensão e carácter da utilização da matemática em algumas poucas indústrias especiais, e são dados exemplos de problemas específicos para cuja solução o emprêgo dos métodos da matemática tem sido necessário ou de utilização vantajosa.

Nestas duas partes emprega-se a palavra matemática no seu sentido mais lato, incluindo não só os assuntos fundamentais, tais como álgebra, geometria, análise, etc., mas também as suas aplicações sob a forma de mecânica, teoria electromagnética, hidrodinâmica, etc. Como a estatística porém, toca a actividade industrial dum modo um tanto diferente, ela será discutida sob um título diferente, «A Estatística Industrial e os Estatísticos».

É conveniente chamar agora a atenção para uma observação que adiante será tratada em maior detalhe, devido à presente e provàvelmente futura falta de matemáticos industriais convenientemente treinados. A-pesar-de os Estados Unidos ocuparem uma posição de destaque pelo que respeita à matemática pura, não existe escola nenhuma que ministre o treino matemático adequado aos estudantes que desejem aplicá-la no campo da vida industrial em lugar de a cultivarem só por si como um objectivo. Dum modo geral, tanto a ciência em si, como dum modo particular, as suas aplicações industriais se desenvolveriam se houvesse um grupo de professores adequados que entrassem em contacto uns com os outros em qualquer instituïção onde existisse também um interêsse forte pelas ciências básicas e pela engenharia.

Os matemáticos na técnica

O que é um matemático? — Se todo e qualquer homem que de vez em quando determina a média dum grupo de leituras de vários instrumentos ou resolve uma equação diferencial é um matemático, então poucos serão os pesquisadores científicos que não sejam matemáticos. Se, por outro lado, só são matemáticos aqueles cuja ocupação primordial é o desenvolvimento da matemática, então, na indústria, não haverá quási nenhum. Nenhuma destas definições é boa. A primeira é absurda; a segunda não se relaciona intimamente com a natureza essencial do pensamento matemático. Êste relatório adopta uma definição baseada, mais sôbre o carácter do pensamento humano do que sôbre o objectivo final a que êsse pensamento é aplicado.

Alguns indivíduos seriam designados como matemáticos, outros como físicos, outros como engenheiros, por qualquer pessoa. Estes indivíduos típicos são porém diferenciados em alguns pontos essenciais:

O matemático típico sente grande confiança numa conclusão a que tenha chegado por um raciocínio cuidadoso. A sua convicção não é tão profunda quando a tenha obtido por evidência experimental. Para o engenheiro típico as duas afirmações anteriores podem ser inter-trocadas. Confrontado por uma teoria maduramente pensada que prediz um determinado acontecimento, e por uma experiência cuidadosamente conduzida, que não conduz ao resultado predito, o matemático típico preguntará antes de mais nada: «qual será o êrro da experiência?», ao passo que o engenheiro típico dirá: «qual terá sido o êrro no raciocínio?». Devido à sua confiança nos métodos do raciocínio, o matemático tipo recorre ao papel e ao lápis em muitas situações em que o engenheiro ou o físico teriam recorrido ao laboratório. Pela mesma razão, o matemático, encarado sob êste aspecto puro, delicia-se com a elaboração de estruturas lógicas, tais como a topologia ou a álgebra abstracta, que não têm nenhuma ligação aparente com o mundo da realidade física, e que não interessariam o engenheiro tipo; reciprocamente o engenheiro ou o físico, na sua forma pura toma grande interêsse por conhecimentos utilitários tais como uma tabela de durezas, que poderá, pelo menos que êle o saiba, não ter a mínima relação com qualquer teoria, e que o matemático tipo acharia extremamente maçadora.

Uma outra característica do matemático tipo é a sua atitude altamente crítica pelo que respeita aos detalhes duma demonstração. Para quási tôdas as outras classes de homens, um argumento pode ser suficientemente bom, embora não tenha encarado algumas das questões de menor importância. Para um matemático, um argumento, ou é perfeito em todos os detalhes, tanto na forma como na substância,

ou então é incorrecto. Não existem classes intermédias. Êle chama a isto raciocínio rigoroso, e diz que tal é necessário se pretende que as conclusões a que chega tenham um valor permanente. O engenheiro chamará a isto ser coca-bichinhos, e dirá que, se se preocupasse com tantas minudências como o matemático não conseguiria ter nada feito.

O matemático tem também tendência para idealizar tôda e qualquer situação. Os seus gases são «ideais», os seus condutores «perfeitos», as suas superfícies «lisas». Admira estes métodos e designa-os por «descer às bases essenciais»; o engenheiro ou o físico, por outro lado, provàvelmente considerará êste método um tanto depreciativamente como «ignorando os factos reais».

Uma quarta e profunda característica do matemático, é o seu desejo das generalizações. Tendo de resolver a simples equação $x^3 - 1 = 0$ êle resolverá no lugar desta, a equação $x^n - 1 = 0$. Ou então sendo interrogado sôbre a vibração de torsão da suspensão dum galvanómetro, êle estudará uma fibra carregada com um número qualquer de espelhos suspensos em pontos arbitrários ao longo do seu comprimento. Diz êle que isto é uma economia de energia pois resolve de uma vez só uma série de problemas relacionados, em vez de os tratar a um por um. O engenheiro dirá que isto é um desperdiçar de tempo, pois para que servirá um galvanómetro com mais de um espêlho?

No grande exército dos trabalhadores científicos que não podem ser tão fàcilmente marcados com a insígnia duma especialidade determinada, poderão ser designados como matemáticos aqueles cujo trabalho é dominado pelas características de maior confiança na lógica do que nas provas experimentais, crítica severa dos detalhes, idealização e generalização. As fronteiras da profissão não são provàvelmente tornadas tão definidas por esta definição, mas ela tem o mérito de ser baseada sôbre o tipo de pensamento, que é um atributo de cada indivíduo, e não sôbre factos tão superficiais ou acidentais tais como sejam os cursos que freqüentou nas escolas ou o ofício que tem.

É além disso uma distinção mais fundamental do que aquela que se pode achar entre, por exemplo, um físico, um químico ou um astrónomo. É esta a razão pela qual o matemático tem perante a indústria um papel diferente dos outros cientistas, papel ou relações que deverão ser claramente compreendidas pelas Direcções se se deseja que os serviços que êle pode prestar sejam convenientemente explorados.

O lugar do matemático nas pesquisas industriais — O matemático tipo atrás descrito, não é a qualidade de homem conveniente para ser utilizado em qualquer projecto industrial. Êle é um sonhador, com pouco interêsse pelas coisas reais ou pelo dinheiro que elas podem render. Busca a perfeição, não tolerando transigências; idealiza até à impraticabilidade; preocupa-se tanto com os largos horizontes que não dá a devida atenção à simples bola. Estes traços característicos não representam uma fraqueza; êles são, antes pelo contrário, da mais alta importância quando se trate de encontrar uma teoria ou um sistema de pensamento que harmonize todos os fenómenos complexos do mundo físico, isto é, quando se trate de reduzir a natureza à ciência.

O objectivo da indústria porém, não é o avanço da ciência natural mas sim o desenvolvimento, produção e venda de mercadorias com valor monetário. O físico, o químico e principalmente o engenheiro, com o seu interêsse pelos factos, coisas e dinheiro, estão sem dúvida melhor adaptados para contribuirem directamente para êste objectivo. Até ao ponto em que o matemático pode tomar parte em projectos industriais, êle será forçado à transigência; êle terá que especializar em lugar de generalizar; êle terá de tratar de detalhes concretos em lugar de princípios abstractos. Alguns matemáticos são completamente incapazes de proceder dêste modo; alguns outros, com diligência e domínio de si próprios poderão consegui-lo perfeitamente. Quando porém procedem de acôrdo com as normas atrás indicadas estarão actuando, não como matemáticos, mas sim como engenheiros. Como matemáticos, o seu papel na indústria não consiste em prestar a cuidadosa e minuciosa atenção aos detalhes práticos pelos quais os bons produtos, os serviços convenientes ou os processos eficientes são elaborados; a sua função consiste em dar conselho e auxílio aos que

podem fornecer estas coisas, avaliar os problemas diários que aqueles têm de resolver e considerá-los à luz do pensamento científico, e em seguida traduzir a linguagem abstracta da ciência em termos mais convenientes para a exploração concreta.

Por outras palavras, o matemático na indústria, até ao ponto em que actua como matemático, é um consultor e não um executivo.

Qualificações necessárias para o êxito como matemático industrial — O matemático industrial bem sucedido deverá ser, não só competente como matemático; terá de possuir também as outras qualidades que um bom consultor requere:

Primeiro, embora o seu interêsse se dirija principalmente para o abstracto, terá de ter suficiente interêsse pelos assuntos práticos para que lhe possam servir como estímulo para produzir trabalho útil e para o reconciliar com as transigências e aproximações que são necessárias mesmo quando se trata apenas do lado teórico dos problemas práticos. Isto significa duma maneira geral que o matemático incapaz de produzir bom trabalho, se se resolvesse aplicar as suas actividades como engenheiro, não será bem sucedido na sua carreira industrial.

Em segundo lugar deve ser social e simpatizante. Se se separa dos seus associados, muitos dos seus pensamentos não terão relação directa com as necessidades dêles, e aqueles que a tenham exercerão uma influência menor do que aquela que poderiam exercer. Se êle não traduzir os seus pensamentos na linguagem dêles, êles não compreenderão a significação de grande parte do seu trabalho e a sua clientela será muito reduzida.

Em terceiro lugar, deverá ter espírito de cooperativismo e não ser egoísta. Um homem não pode ser ao mesmo tempo consultor e um competidor para os seus associados. Tentativas para fazer caixinha, com o fim de ganhar crédito para os seus auxílios alienarão inevitàvelmente a sua clientela. Existem duas razões para êsse facto: Em primeiro lugar a avaliação feita por um matemático sôbre o valor do trabalho matemático, ainda que feita sem paixão, penderá certamente muito para o lado de dar valor fundamental ao significado científico da questão, ao passo que o valor industrial terá de ser encarado sob o ponto de vista muito diferente e pode ser bem avaliado só por um engenheiro. Em segundo lugar o engenheiro encarregado de um determinado projecto pode dar o valor a quem de direito e sem embaraços pelo auxílio recebido; o seu crédito residiu em saber onde e quando era necessário o auxílio. A mesma história contada pelo próprio consultor teria um sabor completamente diferente.

Em quarto lugar, deve ser versátil. Os trabalhos variam, e o mesmo trabalho pode dar origem a questões cuja solução exija o emprêgo de várias técnicas matemáticas.

Em quinto lugar, deverá ser uma pessoa de reconhecida competência. Ninguém procurará os conselhos dum medíocre. Entre os matemáticos industriais não há lugar para o homem médio.

Emprêgo e supervisão — O maior factor de acaso ao contratar matemáticos para a indústria resulta talvez do facto de que o industrial contratador não é na maioria dos casos um bom juiz de competência matemática. Paradoxalmente porém, os seus erros não provêm usualmente do juízo que forma ao julgar a competência matemática, pois que em geral a classificação escolar é um índice digno de crédito da habilidade matemática. Mas devido ao sentimento de incompetência resultante da sua falta de conhecimentos matemáticos, êle lança um manto de caridade sôbre outras características em relação às quais êle se devia fiar mais na sua própria opinião. Se, por exemplo, o candidato apresenta um relato incoerente dos problemas em que tem trabalhado, o contratador desculpa êsse facto atribuindo-o à falta própria de conhecimentos matemáticos, desculpa essa que seria perfeitamente plausível se êle na realidade tivesse de se encontrar com o candidato no seu próprio terreno. O que êle na realidade não considerou foi que o candidato foi incapaz de encontrar o contratador no terreno dêste; por outras palavras, não conseguiu mostrar a aptidão necessária para traduzir as suas ideias na linguagem de quem o ouvia. Ou talvez um defeito qualquer de personalidade é desculpado porque «afinal de contas o candidato terá que trabalhar só por

si e não terá que se encontrar com ninguém», quando na verdade o valor real dum consultor reside não naquilo que êle faz à sua secretária mas no que êle consegue transmitir aos seus associados. O candidato que é fanfarrão, ou irritável, ou metediço, não deve ser contratado com a desculpa que todos os matemáticos são exquisitos.

Um elevado grau em tôdas estas características, e um interêsse pelas coisas práticas, são factores tão importantes como a aptidão técnica matemática. Estas especificações são rígidas, e os homens que as possuem não podem ser encontrados a cada canto. Elas são porém os requisitos imprescindíveis implícitos pela natureza do trabalho e nenhum bem pode resultar do facto de as não considerar.

Depois de ter contratado a pessoa conveniente, ela não será uma pessoa cuja supervisão seja difícil se se pensar bem em que consistem as suas funções como consultor para os outros membros da direcção. O objectivo principal a ter em vista deverá ser o conseguir evitar tôdas as barreiras que tenderiam a fazer com que os outros associados deixassem de buscar os seus conselhos, e garantir que os seus trabalhos sejam justamente apreciados e convenientemente remunerados.

As três barreiras que mais probabilidades têm de surgir entre êle e os seus associados são: ciúme, burocracia e impossibilidade de o utilizar quando dêle se necessite.

O ciúme será inevitável se o matemático armar à importância; uma vez contratado um homem dessa espécie os aborrecimentos serão inevitáveis. A culpa porém não será sempre dêle. Um recruta generoso e com bom espírito cooperativista poderá ser estragado vivendo numa atmosfera demasiadamente carregada com relatórios sôbre os progressos obtidos, ou por uma política que baseie os salários sôbre o valor monetário do trabalho do ano anterior. Na realidade os progressos realizados, que têm importância para a Direcção podem ser melhor avaliados pelos seus colegas do que por êle próprio, e por conseqüência os seus relatórios a êste respeito têm pequeno valor, a não ser aquele que resulta para o próprio matemático em poder passar assim em revista e em criticar o trabalho que fêz. Se se lhe der importância demasiada, mesmo aquele valor se perderá, pois serão escritos com o espírito de puxar a brasa à sua sardinha, espírito êste que será o mais apto a dar origem ao ciúme. Do mesmo modo uma política de salários baseada no valor monetário do trabalho realizado pelos ganhos a que deu origem, é fundamentalmente injusta, pois que o valor monetário de fragmentos soltos de trabalho teórico não tem quási relação nenhuma com a competência científica que poderão exigir. Isto não quere dizer que em última análise, o salário do matemático deva ser completamente independente do valor monetário dos seus serviços. Quere ùnicamente dizer que o seu salário ou os aumentos que possa ter devem ser convenientemente baseados no número dos seus clientes, e no carácter e satisfação dessa clientela, e não sôbre a importância comercial dos problemas que ela julgou conveniente trazer-lhe durante o ano anterior.

A burocracia pode ser evitada. Nenhum engenheiro, seja qual fôr a sua categoria na organização, deverá nunca ser obrigado a ter de pedir prèviamente autorização para consultar o matemático ao serviço da companhia, e o matemático por sua vez não deve ter de esperar por uma ordem específica ou por qualquer cabimento de verba antes de poder responder a uma consulta. Sôbre êste ponto de vista êle deve estar nas mesmas condições que os investigadores livres que podem ser encontrados na maioria dos grandes laboratórios de pesquisas, e que são geralmente designados por engenheiros da Direcção.

Disponibilidade é uma questão da maior importância. É bem sabido que nas pesquisas industriais o trabalho urgente leva precedência sôbre o trabalho importante. Deixados a si próprios, os estudos fundamentais cedem o caminho aos desenvolvimentos de detalhe que «têm de ser lançados no mercado para o mês seguinte». Do mesmo modo que outras pesquisas de carácter fundamental os estudos matemáticos não podem ser sujeitos a essas interrupções, mas para o matemático essas interrupções podem ser ainda de maior importância pois que, logo que lhe seja pedida a resolução dum problema de carácter urgente de carácter especial a sua disponibilidade como consultor cessa ou pelo menos deixa de ser

completa. Se o seu valor para a indústria é maior como colaborador de projectos do que como consultor, o facto que se apontou deixa de ter importância; mas o transformar um bom matemático num sofrível engenheiro, ou um insubstituível matemático num substituível engenheiro, é inconveniente tanto para o patrão como para o empregado.

A Repartição de Investigações Matemáticas dos Laboratórios dos Telefones Bell — Nos Laboratórios dos Telefones Bell têm sido agrupados homens desta categoria constituindo um organismo separado. As suas funções específicas consistem ùnicamente em auxiliarem os seus associados nas outras repartições dos laboratórios. Nenhum engenheiro é obrigado a consultá-los seja em que fase fôr do seu trabalho; nenhum serviço particular lhes compete por uma questão de prorrogativa; por outro lado nenhuns limites se põem às consultas que os engenheiros ou os físicos lhes queiram fazer. Não é necessária nenhuma rotina especial estabelecida de antemão para utilizar os seus serviços, e não é necessária a apresentação posterior dum relatório, embora muitas vezes êsses relatórios se façam quando úteis para arquivo científico. A despesa que fazem é atribuída largamente a tôdas as actividades dos laboratórios, e não ùnicamente por determinados serviços especiais. São feitos todos os esforços para criar um espírito de bem servir entre os membros dêste grupo, e apesar de algumas vezes se lhes atribuir responsabilidade por projectos de engenharia, tal facto é considerado como uma necessidade indesejável a evitar sempre que seja possível e a liquidar na primeira oportunidade.

Êste grupo tem servido com o melhor sucesso desde há já bastantes anos. Os seus membros são respeitados pelos engenheiros seus associados, e gostam do seu trabalho. Informações a respeito das suas actividades chegam à Direcção quási que ùnicamente através do reconhecimento expontâneo dos engenheiros que êle auxilia. Estas expressões de apreciação são generosas mas bastante erráticas pois se concentram agora sôbre um determinado homem e logo depois sôbre outro conforme o génio ou o treino do indivíduo em questão conseguiram resolver o problema importante de momento. Êste facto não tem afectado mal o moral do grupo, talvez porque se têm feito sérios esforços para evitar revisões erráticas dos salários, pelas quais o indivíduo que se encontra num dado momento no primeiro plano fôsse beneficiado à custa de outros que também produzem bom trabalho embora menos vistoso.

Sob o ponto de vista dêstes homens, a principal vantagem de estarem todos associados em lugar de distribuídos pelas várias repartições de engenharia, reside no estímulo proveniente do contacto com homens entregues a uma actividade similar. Sob o ponto de vista da Direcção as vantagens residem num maior grau de disponibilidade, maior flexibilidade em pôr de acôrdo os talentos do indivíduo com a qualidade do trabalho, e numa maior uniformidade na avaliação da aptidão resultante da supervisão executada por uma pessoa com conhecimentos matemáticos adequados.

Tanto quanto o saibamos, os matemáticos não têm sido organizados em grupos separados em outras indústrias. Na maioria dos laboratórios o seu número tem sido julgado demasiado pequeno para tornar possível esta organização, e êles têm sido tratados como engenheiros da Direcção distribuídos pelos vários departamentos. Julga-se porém que existem várias indústrias para as quais esta organização traria vantagens, e que ela tem mérito suficiente para justificar a sua adopção sempre que tal seja possível.

O matemático no pequeno laboratório — O que atrás se disse refere-se principalmente às condições nas grandes indústrias. As qualificações para sucesso nas pequenas indústrias são semelhantes, embora a importância relativa a dar-lhes seja um tanto diferente. Questões de personalidade (socialidade, falta de egoísmo, etc.) não são tão importantes, pois que elas são atenuadas pela coesão cordeal dum pequeno grupo. Por outro lado, um interêsse forte pelas coisas assim como pelas idéias, e a aptidão para traduzir da linguagem concreta da experiência para o abstracto e vice-versa, tomam uma importância agora maior. O Dr. H. M. Evjen, trabalhador êle próprio num pequeno laboratório diz:

«A-fim-de ter um valor óptimo, o matemá-«tico deve conservar-se em contacto estreito «com as realidades. Numa organização sufi-«cientemente grande que empregue tanto tra-«balhadores teóricos como experimentais, os «melhores resultados serão portanto obtidos «ùnicamente com uma estreita colaboração «entre os dois grupos. Nas organizações mais «pequenas, empregando, por exemplo, apenas «um trabalhador de qualificações científicas, «será difícil de dizer se êste homem deverá «pertencer à categoria dos teóricos se dos prá-«ticos. Se fôr um teórico, não se deverá espe-«rar alcançar bons exitos, a não ser que êle «esteja pronto a arregaçar também as mangas «e a plantar firmemente os pés no solo real. «Na verdade, ainda que possua assistentes «experimentados e de alta categoria, êle não se «deve sentir incapaz de lançar também mão «dos trabalhos sujos. Informações obtidas em «segunda mão são sempre de qualidade infe-«rior.

«O matemático não é útil apenas como um «auxiliar a quem o prático se dirige para a «resolução de problemas especiais. Um mate-«mático convenientemente treinado e possuindo «vistas largas, pode ser utilizado também com «maior utilidade como um participante activo «nos problemas industriais. Devido ao treino «que possue de pensamento exacto deve ser «mais capaz de poder ver através do ne-«voeiro denso dos detalhes intrincados e desco-«brir os problemas fundamentais que êles en-«cerram.»

Número empregado — O número de matemáticos empregado nas comunicações, manufacturas eléctricas, petróleo e aviação anda por cêrca de 100. O número empregado em outros locais é sem dúvida um tanto inferior, mas não constitue certamente uma fracção insignificante do total, visto que matemáticos são encontrados aqui e além em várias indústrias muito pequenas.

Não nos afastaremos talvez muito da verdade calculando o número total de matemáticos utilizados pela indústria em uns 150, não incluindo os actuários e estatísticos.

Êste número pode ser verificado de outro modo. A lista de membros da Sociedade Americana de Matemática indica 202 membros possuindo endereços industriais. Dêstes, 102 estão em companhias de seguros e em companhias financeiras e são presumìvelmente estatísticos. Os restantes 100 nomes são os de empregados industriais cujo interêsse pela matemática são suficientemente fortes para os fazer pertencer a uma sociedade cujo objectivo consiste exclusivamente no desenvolvimento das pesquisas matemáticas. Alguns dêstes não serão matemáticos, de acôrdo com a definição adoptada no presente relatório. Por outro lado, existem ainda 158 nomes para os quais apenas é dado o endereço particular, alguns dos quais porém se sabe serem matemáticos industriais. Fazendo o balanço destas incertezas, e recordando que bastantes matemáticos industriais acham pequena vantagem em pertencerem a uma associação devotada primàriamente à matemática pura, o cálculo atrás indicado parece ter sido razoável.

Procura futura — A avaliação da procura futura será ainda de carácter mais especulativo do que o cálculo do pessoal actualmente empregado. Duas hipóteses porém, parece serem dignas de fundamento: (1) A procura de matemáticos não poderá nunca ser comparável à de físicos, químicos ou engenheiros. (2) Aumentará certamente para além do número actualmente empregado.

A primeira hipótese é justificada pelo facto de que os químicos e outros trabalhadores experimentais tratam directamente com as leis naturais e as fontes naturais que à indústria pertence explorar, enquanto que os matemáticos tocam estas coisas apenas de um modo secundário.

A segunda hipótese será talvez admitida, se recordarmos que de um modo geral tôda a indústria está, cada vez mais, exigindo investigações mais complexas e teóricas, e que portanto o número de consultores matemáticos deverá aumentar. Não é porém necessário basearmo-nos apenas nestas considerações gerais. Existe evidência directa, em algumas indústrias, sobretudo na da aviação, em que os mais importantes problemas de investigação são mais acessíveis ao estudo teórico do que ao experimental, e em algumas outras, tais como na química industrial, em que se pode razoàvelmente presumir que a moderna

física molecular começará bem depressa a tomar uma parte importante na determinação da rapidez das reacções. Existe também um espírito de alerta entre os executivos a respeito do valor monetário do esqueleto teórico quando se planeiam experiências caras, e daí a mudança gradual de atitude em favor da matemática. Diz o Dr. W. R. Burwell, Presidente da Brush Development Company: «Existe uma tendência certa para um maior uso da matemática na indústria, tendência essa que é a contrapartida da aceitação das repartições de investigações e desenvolvimento como adjuntos necessários para negócios bem sucedidos. Está sendo cada vez mais bem reconhecido que a matemática é uma ferramenta não só útil para todos os engenheiros, físicos e químicos que têm qualquer pretensão de ir um pouco àlém dos métodos puramente de observação e das soluções experimentais dos seus problemas, como também ela está desempenhando funções muito importantes como método de trabalho para tôdas as generalizações que lançam as bases para o avanço dos conhecimentos científicos.

Mesmo numa organização pequena como a nossa, o auxílio de um consultor é na realidade importante e estamos continuamente a ter exemplos de que o matemático, devido ao seu treino, serve como um intérprete das teorias matemáticas e físicas, influenciando algumas vezes a direcção dos trabalhos experimentais e outras vezes tornando êsses trabalhos desnecessários».

Se, por conseqüência, o cálculo que fizemos de 150 matemáticos actualmente utilizados pela indústria é real, não nos devemos enganar muito prevendo uma necessidade de várias vezes êste número daqui a uns dez anos ou coisa parecida.

Fontes de fornecimento — Baseados no cálculo feito, é de presumir uma procura de uns 10 matemáticos por ano. Êste número parece pequeno; mas se repetirmos que os medíocres não têm cabimento no campo dos consultores, e que estes 10 devem ser homens excepcionais, não parecerá desrazoável preguntar onde é que êles poderão ser encontrados.

A maioria dos matemáticos actualmente ao serviço da indústria foram treinados como físicos ou como engenheiros maquinistas ou electricistas, e gravitaram para o seu presente trabalho devido a um forte interêsse pela matemática. Poucos vieram dos departamentos matemáticos das universidades. Como cientistas êles foram educados pelas universidades, mas como matemáticos foram educados por si próprios.

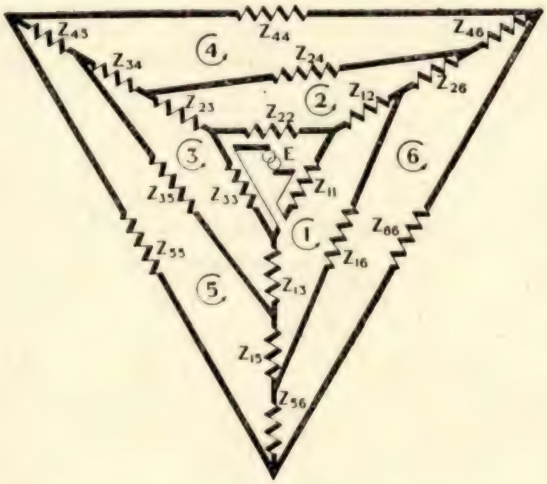
O seu treino não foi o ideal. A matemática industrial está sendo aguentada por homens formados em engenharia ou em física, não tanto pelo valor dêste treino, como pela fraqueza do ensino matemático na América. O matemático industrial devidamente treinado deveria ter, além dos cursos duma formatura pela Universidade, um bom fundo de treino em álgebra (matrizes, teoria dos tensores, etc.) alguma geometria, sobretudo analítica, e tantos conhecimentos de análise quantos possa adquirir (teoria das funções, teoria das equações diferenciais e integrais, funções ortogonais, cálculo das variações, etc.). Tudo isto deveria ser ensinado com uma atitude simpática para as suas aplicações, e reforçados com cursos teóricos sôbre o som, calor, electricidade, bastante interêsse na mecânica, elasticidade, hidrodinâmica, termodinâmica e teoria dos campos electromagnéticos. Êle deveria perceber bem o que constitue suficiente rigor de modo a não se lançar desnecessàriamente em argumentos pouco sãos, mas deveria também obter prática suficiente no uso dos tão úteis, mas algumas vezes traiçoeiros artifícios, como sejam o uso das séries divergentes ou a mudança de termos nas equações diferenciais. Êle deveria possuir bastantes conhecimentos básicos de física e química de carácter experimental, de forma a adquirir um ponto de vista realístico no poder, assim como nos perigos da técnica experimental. Na altura em que tenha adquirido estes conhecimentos, terá em geral alcançado o grau de Doutor em Física, mas êsse grau não é actualmente, e não é provável que venha a ser o requisito quási indispensável para o emprêgo como o é para a vida universitária.

Não existe escola alguma na América onde êste treino possa ser obtido. Nenhuma escola pensou nunca em criar uma Faculdade de Matemática tendo êsse treino em vista. Daí resulta que a indústria terá que se governar com os matemáticos «ersatz» provenientes dos ber-

ços da física e da engenharia. Para tornar as coisas peores, um estudante com interêsses teóricos bastante fortes que se aliste nos campos da física hoje em dia, é provável que gaste a maior parte do seu tempo com a moderna física matemática, que insiste quási tão pouco com a fidelidade às experiências como a matemática pura, da qual ela difere mais essencialmente em assuntos de linguagem e rigor do que na atitude filosófica geral. Actualmente, portanto, as escolas de engenharia devem ser consideradas como as fontes mais esperançosas de matemáticos industriais.

Històricamente é fácil de explicar como se chegou a esta situação. Há 50 anos a América estava tão atrasada no campo da matemática que nem sequer existia uma associação nacional de matemáticos. Uns 25 anos mais tarde, começou a idade da matemática, e tratou-se convenientemente, se não necessàriamente, de dar tôda a atenção ao melhoramento da qualidade da instrução no campo da matemática pura. Os primeiros e fracos indícios de que a matemática industrial se pode transformar numa carreira a seguir, começaram na realidade a aparecer, mas não são ainda suficien-

Determinantes



$$D = \begin{vmatrix} Z_1 & -Z_{12} & -Z_{13} & O & -Z_{15} & -Z_{16} \\ -Z_{12} & Z_2 & -Z_{23} & -Z_{24} & O & -Z_{26} \\ -Z_{13} & -Z_{23} & Z_3 & -Z_{34} & -Z_{35} & O \\ O & -Z_{24} & -Z_{34} & Z_4 & -Z_{45} & -Z_{46} \\ -Z_{15} & O & -Z_{35} & -Z_{45} & Z_5 & -Z_{56} \\ -Z_{16} & -Z_{26} & O & -Z_{46} & -Z_{56} & Z_6 \end{vmatrix} ; \; Z_j = \sum_{k=1}^{6} Z_{jk}$$

Ponto de aplicação da impedância na malha $j = Z_{(jj)} = \dfrac{D}{D_{jj}}$

Impedância de transferência entre as malhas j e $K = Z_{(jk)} = \dfrac{D}{D_{jk}}$

(D_{jk} = primeiro menor do elemento Z_{jk} em D)

Muitas das propriedades das complicadas rêdes usadas nos laboratórios Bell são muito convenientemente estudadas por determinantes. Acima, representa-se uma rêde de 6 malhas e o seu determinante de circuito D e algumas fórmulas a que conduz.

temente fortes para atrair a atenção dos executivos das Universidades.

Hoje estamos à testa de todo o mundo na matemática pura, e talvez também naquele outro campo da matemática que se designa por física moderna. Mas no campo da matemática aplicada, que é o assunto principal dêste relatório, não estamos mais avançados do que no princípio dêste século, e muito longe atrás de muitas nações europeias.

Há uns 25 anos teria sido difícil encontrar os professores convenientes. Actualmente isso é possível, primàriamente porque um certo número de cientistas europeus do tipo conveniente foram forçados a imigrar para aqui, e alguns outros se criaram expontâneamente dentro das nossas fronteiras. Existirá talvez uma meia dúzia dêles, mas estão tão espalhados, e algumas vezes em lugares tão pouco propícios, que não têm quási nenhuma influência no desenvolvimento do pessoal industrial.

É para lamentar que nenhuma Universidade com departamentos de engenharia e ciência suficientemente fortes tenha achado conveniente o juntar êste grupo e estabelecer um centro de ensino de matemática industrial. Calculámos uma procura de cêrca de uns 10 graduados *excepcionais* por ano. Se êste cálculo tiver a mínima relação que seja com a verdade, um departamento daquele tipo teria um trabalho dos mais importantes a realizar.

A matemática na indústria

Assuntos utilizados — Diz o Dr. H. M. Evjen, Investigador Físico da Secção de Geofísica da «Shell Oil Company»:

«A alta matemática, é claro, é simplesmente aquele ramo da ciência que não encontrou ainda um largo campo de aplicação, e que por assim dizer, não emergiu ainda da obscuridade. É por conseqüência um têrmo de carácter temporário e subjectivo.»

Se aceitarmos isto como uma definição da alta matemática — e é uma definição válida tanto para a ciência pura como para as suas aplicações — segue-se automàticamente que a indústria utiliza principalmente os ramos mais baixos da matemática. O que a indústria usa muito deixa por êsse facto de pertencer à categoria de alta matemática. A teoria das equações lineares diferenciais por exemplo, é um assunto que atrapalharia bastante um engenheiro bem competente de 1890. O engenheiro competente de 1940 trata-a como de uso corrente. O engenheiro bem treinado de 1990 encarará certamente como de uso corrente a teoria das funções analíticas, matrizes e os números característicos (Eigenwerte) das equações diferenciais, que actualmente são considerados como assuntos bastante elevados.

Com êste fundo, não é necessário associar nenhuma desculpa à afirmação de que métodos simples, como a álgebra, trigonometria e elementos de cálculo são bastante comuns e bastante produtivos na moderna investigação industrial. Conduzem com freqüência a resultados da maior importância prática.

Seguidamente por ordem de utilidade aparecem assuntos tais como as equações lineares diferenciais (como por exemplo para o estudo da reacção de sistemas mecânicos e eléctricos a fôrças aplicadas, tensões nos corpos elásticos, propagação do calor, estabilidade dos circuitos eléctricos e dos sistemas mecânicos acoplados, etc.); a teoria das funções duma variável complexa (principalmente ao tratar-se da teoria do potencial e transmissão de ondas, propagação de ondas radiotelegráficas e da corrente nos fios, campos eléctrico e de gravitação utilizados na pesquisa do petróleo, construção de filtros e igualizadores para sistemas de comunicação, etc.); séries ortogonais de Fourier, Pascal e outras (nos problemas de propagação do calor, corrente eléctrica nas linhas de transmissão, deformação e vibração de gases, líquidos e sólidos elásticos, etc.); a teoria dos determinantes (particularmente na resolução de equações lineares complicadas que aparecem no estudo de sistemas dinâmicos acoplados); e outras coisas semelhantes.

Com menos freqüência encontramos assuntos tais como equações integrais, que se tornaram uma versão do cálculo operacional de Heaviside, e que têm também sido utilizadas no estudo dos métodos sísmicos e eléctricos de pesquisa do petróleo; álgebra das matrizes, que tem sido aplicada ao estudo de máquinas eléctricas rotativas, à vibração das asas dos

aviões, e no problema da equivalência da teoria dos circuitos eléctricos; o cálculo das variações em melhorar a eficiência dos relais; e mesmo questões tão abstractas como a álgebra Booleana, em elaborar circuitos de relais; a teoria dos números, no traçado de redução de engrenagens e no desenvolvimento dum método sistemático para subdividir condutores de telefones; e a análise situs, na classificação das rêdes eléctricas.

Com menos freqüência de que todos os anteriores assuntos, mas de modo algum, nunca, a matemático industrial é forçado a inventar técnicas que o matemático puro não considerou. O método das coordenadas simétricas para o estudo dos sistemas transmissores de potência polifasados; o cálculo de Heaviside para o estudo de sistemas dinâmicos lineares; o método de iteração das matrizes nas teorias aerodinâmicas; grande parte da técnica usada no projecto de filtros eléctricos e igualizadores, tudo isto são exemplos do que dissemos.

O estudante das modernas matemáticas sentir-se-á impressionado imediatamente por dois aspectos desta revisão: primeiro, pela importância dada à álgebra e à análise e pela ausência quási completa da geometria, além dos seus graus mais elementares; segundo, pela ausência completa das técnicas específicas que desempenham um tão importante papel na física moderna e na astrofísica. Não é fácil dizer qual a razão porque a geometria moderna não desempenha um papel mais importante nas pesquisas industriais; limitamo-nos a constatar a veracidade dêsse facto. Pelo que respeita à física moderna, poderá talvez extrapolar-se o que se passou em outros tempos e concluir que aquilo que está sendo actualmente útil para a física inter-atómica será em breve necessário na química industrial. Ao fazer esta extrapolação, é conveniente no entanto não esquecer que a física em questão é na maior parte uma disciplina mental, sendo a sua conexão com o mundo real ainda mal definida e incompletamente compreendida. É de esperar por conseqüência que não seja de tão rápida assimilação pela tecnologia como outras disciplinas cujos símbolos podem ser mais ràpidamente identificados com a experiência.

Finalmente, devemos chamar a atenção para dois factos: (1) que soluções aproximadas dos problemas e daí os métodos de iteração (aproximações sucessivas) desempenham um papel muito mais importante na matemática aplicada do que na ciência pura; (2) que a muito conveniente admissão de que as aproximações lineares das leis naturais (tais como a lei de Hooke e a lei de Ohm) são suficientemente exactas para os objectivos práticos, é menos verdadeira actualmente do que já o foi, de modo que as equações não lineares são de grande importância para o engenheiro moderno.

Tipos de serviços executados pelos matemáticos — Deixando de lado a importante mas um tanto banal observação de que a matemática é uma linguagem que simplifica os métodos de raciocínio e o torna mais digno de confiança, e que é êste o seu principal serviço à indústria, poderemos considerar outros menos inclusivos, mas por isso melhores exemplos de utilização.

Primeiro — Ela fornece uma base para interpretar os dados nos termos duma teoria preconcebida, tornando assim possível tirar conclusões dela e encarar factos que não teriam sido convenientemente considerados.

a) Um exemplo é o método padrão para localizar avarias nas linhas telefónicas. Mostra a teoria matemática que uma avaria afectará a impedância da linha dum modo que varia com a freqüência, e que a distância do ponto de medida à avaria pode ser deduzida imediatamente dos valores da freqüência em que a impedância é mais afectada. Isto é evidentemente muito mais prático do que procurar a avaria directamente.

b) Um segundo exemplo é a carteação das camadas geológicas conseguida por medidas efectuadas à superfície da terra. Um método muito empregado utiliza um grande número de sismógrafos, cada um dos quais regista um microsismo produzido no local em que êle se encontra pela explosão duma carga de dinamite colocada em local determinado. Uma teoria de reflexão e refracção semelhante à adoptada em óptica geométrica indica que certas características experimentais destas experiências estão relacionadas com a profundidade e inclinação das camadas subjacentes, e assim permite que estas camadas sejam carteadas. Por êste meio, a localização do ponto mais ele-

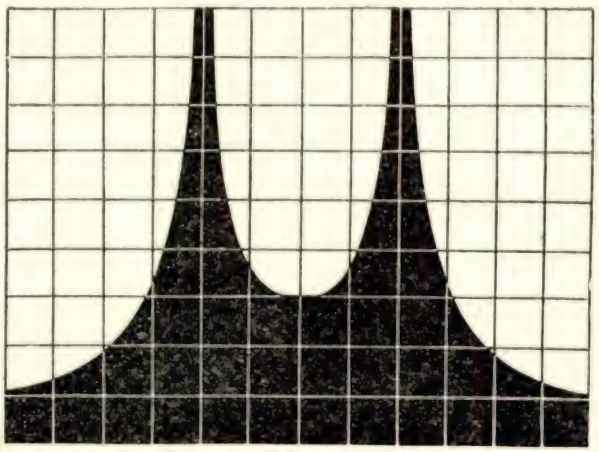
vado duma camada petrolífera pode ser determinada, e encontrada portanto a situação mais favorável para a abertura de um poço.

A geologia subterrânea é também estudada por meio de gravidade, executando-se para isso medições eléctricas ou magnéticas à superfície. Neste caso, a teoria base é a do campo newtoniano de potencial, e a interpretação dos dados obtidos conduz ao assunto dos problemas das fronteiras invertidas, que por ora não está ainda suficientemente compreendido. Têm contudo sido feitos alguns progressos em vários laboratórios, de modo que os métodos gravíficos estão sendo largamente usados, e os métodos eléctricos parecem prometedores para algumas aplicações.

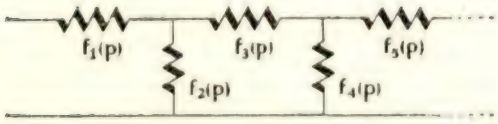
Segundo — Quando os dados são incompatíveis com a teoria preconcebida um estudo matemático permite muitas vezes aperfeiçoar a teoria. O exemplo clássico na ciência é o da descoberta de Neptuno. Verificou-se que o movimento de Urano não quadrava com as predições da teoria de Newton, se se supuzesse que o sistema solar era constituído apenas pelos sete planetas até então conhecidos. A teoria matemática indicava porém, que as discrepâncias desapareceriam se se admitisse a existência de outro planeta em determinada órbita e em determinado local. Apontado um óculo para êsse ponto o planeta foi encontrado.

Outro exemplo provém da indústria de aviação. Cito uma parte de um relatório que me

Fracções Contínuas



$$Z = f_1(p) + \cfrac{1}{\cfrac{1}{f_2(p)} + \cfrac{1}{\cfrac{1}{f_3(p)} + \cfrac{1}{\cfrac{1}{f_4(p)} + \cdots}}}$$



Um método matemático de projectar sistemàticamente um circuito com dada impedância utilizado nos laboratórios Bell. A impedância dada, como função da freqüência é desenvolvida numa fracção contínua de Stieltjes, cujos termos dão as constantes eléctricas da rêde.

foi enviado por Mr. C. T. Reid, Director de Educação da Companhia de Aviação Douglas:

c) O comportamento dos aeroplanos com o motor em acção não quadrava perfeitamente com as predições de estabilidade que tinham sido feitas sem considerar a acção do motor; foi, por conseqüência estudada por análise matemática pura o movimento longitudinal dum aeroplano, dando origem à resolução de três equações diferenciais lineares simultâneas. Os resultados permitiram obter as equações da dinâmica de estabilidade longitudinal entrando em linha de conta com a acção do motor, que permitiram predizer com maior certeza as características de estabilidade de cada projecto de avião.

d) Outro exemplo é-nos fornecido pela engenharia de comunicações. Estudos teóricos tinham estabelecido que as válvulas dariam origem expontâneamente a ruídos devido ao carácter discreto dos electrões que constituem a corrente que as atravessa. A teoria predizia qual devia ser a intensidade dêsses ruídos em cada tipo de válvula, resultado êste muito significativo visto que estabelecia um limite à fraqueza dos sinais que poderiam ser amplificados por essa espécie de válvula. As predições da teoria foram confirmadas pela experiência enquanto as válvulas estavam operando com uma fraca carga. Notou-se porém que quando essa carga aumentava pouco que fôsse o nível de ruído se tornava muito inferior ao predito pela teoria. Neste caso o factor que faltava à teoria era óbvio, mas uma compreensão do mecanismo pelo qual essa redução se produzia e a sua incorporação na teoria por uma forma utilizável, necessitaram extensos e trabalhosos estudos matemáticos.

Terceiro — É necessário com freqüência na prática extrapolar dados experimentais de um tipo de dimensões para um outro tipo completamente diferente; e nesses casos é quási que essencial qualquer espécie de uma base de conhecimentos matemáticos.

Um exemplo desta espécie de serviços, concernente à teoria de arcos voltaicos em vários gases é fornecida pelo Mr. P. L. Alger, Assistente do Vice-Presidente Encarregado da Engenharia da General Electric Company:

e) Um exemplo desta espécie de problema é o da teoria dos arcos voltaicos em vários gases. Era sabido experimentalmente que a duração, estabilidade e voltagem dos arcos voltaicos em diferentes gases e sob diferentes condições de pressão variam entre grandes limites. O comportamento dêstes arcos é de grande importância tanto para soldaduras a autogénio como para o projecto de fusíveis e outros artifícios de protecção de circuitos. Foi ùltimamente desenvolvida uma teoria matemática que relaciona os fenómenos de arcos voltaicos com as características da propagação do calor através dos diferentes gases. Esta teoria tem dado uma boa correlação entre os vários fenómenos experimentais, e tem permitido a previsão de vários factos a darem-se em condições diferentes das que se conheciam experimentalmente. A teoria tem sido aplicada ao projecto de construção de fusíveis corta circuitos para altas voltagens, que tem sido de importante valor comercial, e está também reduzido o tempo e as despesas a que os trabalhos com arco voltaico conduzem.

Um segundo exemplo, fornecido por Mr. Reid, relaciona-se com a interpretação dos resultados obtidos em túneis aerodinâmicos.

f) Em experiências dêste género é evidentemente impraticável a sua execução com modelos em tamanho natural de asas ou de fuselagens, e muito menos com aviões completos, e a extrapolação dos resultados obtidos por medição efectuadas em túnel aerodinâmico têm de ser baseados em considerações teóricas.

Quarto — A matemática ajuda muitas vezes a fazer economias, quer reduzindo a quantidade das experiências a realizar, quer dispensando-as completamente. Exemplos desta espécie são encontrados a cada passo na indústria, não só nos trabalhos de investigação, mas também no aperfeiçoamento de aparelhos e na sua subseqüente manufactura.

Mr. Alger descreve duma maneira geral uma situação que se encontra muitas vezes nos trabalhos de investigação:

«O problema de primeiro tipo é um em que aparece um tal número de dimensões independentes a escolher, ou então tantas variáveis independentes, que é impossível determinar experimentalmente quais as proporções óptimas.

A veracidade dêste facto pode ser imediata-

mente observada se se notar que o número de observações experimentais a realizar cresce exponencialmente com o número de variáveis. Se são necessários 10 pontos para construir uma curva de comportamento para uma variável, serão necessárias 1:000 observações se houver 3 variáveis independentes, e um milhão se as variáveis forem 6».

Como exemplo cita êle o problema seguinte:

g) Um exemplo desta espécie de problema é o estabelecimento do projecto dum encaixe em T para aguentar no seu lugar os polos salientes dum gerador eléctrico síncrono de elevada velocidade de rotação. Uma grande máquina dêste tipo pode ter 10 ou mais polos laminados, aguentando pesadas bobines de fio de cobre, podendo pesar cada polo completo várias toneladas e movendo-se a uma velocidade de cêrca de 5 Km por minuto. A fôrça centrífuga por cada quilograma de pêso do polo pode elevar-se a cêrca de 500 kg. O problema da elaboração de projectos de encaixes em T para aguentar estes polos no seu lugar, mesmo que a velocidade de rotação normal seja excedida, é por conseqüência um problema de enorme importância e de grande dificuldade técnica. Para cada encaixe, existem 7 dimensões diferentes que podem ser independentemente escolhidas. Conquanto métodos empíricos tenham permitido chegar a resultados satisfatórios em alguns casos, a aplicação da matemática tem permitido ùltimamente realizar notáveis melhoramentos no projecto dêsses encaixes. Dum modo geral estes melhoramentos permitiram um aumento de resistência de uns 20 % em experiências de prova, e aumentos muito maiores em condições normais de serviço. Ao mesmo tempo pode-se ter a certeza de quais são os resultados que se podem esperar de construções novas».

Um segundo exemplo foi-me fornecido por Mr. L. W. Wallace, Director da Repartição de Engenharia e Investigações da Crane Company:

h) Um tubo pesando algumas centenas de quilogramas tinha um estrangulamento de secção recta elíptica. Conforme os projectos originais a espessura da peça fundida não era propositadamente de espessura uniforme, tendo as variações de espessura sido introduzidas empìricamente afim de reforçar nos pontos onde se julgava que êsse refôrço era necessário. Um novo projecto elaborado, baseando-se na teoria da elasticidade mostrou que a distribuïção do metal não era a mais conveniente, tendo sido por conseqüência arranjada nova fundição em que o pêso pôde ser reduzido a metade, enquanto que ao mesmo tempo a resistência à rutura foi elevada ao dôbro. Os processos usados para chegar a êste resultado constituem um interessante exemplo de um raciocínio matemático, utilizando um artifício. A peça fundida foi considerada como sendo um cilindro de secção elíptica sujeito a pressão hidrostática. Como as tensões para esta estrutura ideal eram já conhecidas, o problema ficou imediatamente reduzido à simples determinação das espessuras necessárias para resistirem a êsses esforços».

Um outro exemplo vem-nos do campo das investigações geofísicas, e é fornecido por Mr. Eugene Mc Dermott, Presidente do Serviço Geofísico:

i) Apresentou-se-nos recentemente um caso específico da aplicação da matemática ao estabelecimento do projecto de construção de instrumentos. O instrumento em questão destinava-se à medição da gravidade. Depois de ter sido construído verificou-se que era inexplicàvelmente inexacto. Depois de várias semanas de prova encarregou-se um matemático de determinar a causa dos erros. Êle bem depressa mostrou por uma sua simples aplicação de trigonometria que o eixo do aparelho deveria ser colocado no seu pivot com um rigor que não era possível alcançar na prática. Indicou também uma maneira de evitar êste aspecto do aparelho por uma modificação de estrutura simples, e a causa dos erros foi assim remediada».

Outro exemplo proveniente da indústria do petróleo, referente agora à sua produção, é fornecido por Dr. E. C. Williams, Vice-Presidente encarregado das Investigações da Shell Company:

j) Existe na indústria do petróleo um problema que não se encontra em nenhum outro

campo e que se refere à produção do solo em petróleo. Um problema matemático proveniente dêste facto é o seguinte: A mistura de petróleo e gás subterrâneo passa, sob pressão, através de superfícies porosas; sendo determinado o espaço existente entre os vários poços de petróleo, determinar o modo mais económico de obter esta mistura. Isto é muitas vezes equivalente a preguntar de que modo será possível obter a maior quantidade de petróleo no mais curto espaço de tempo. Problemas simples dêste tipo têm sido resolvidos por métodos teóricos, pois que a hidrodinâmica clássica os torna demasiadamente confusos e em geral os problemas em que as constantes características do movimento da mistura gás-petróleo variam com a composição desta mistura podem ser tratados por métodos aproximados envolvendo a resolução de equações diferenciais parciais. Tomando como base a solução matemática obtida e os valores daquelas constantes determinadas por experiências de laboratório é possível determinar qual a melhor maneira de explorar um campo de petróleo.

Como exemplo final podemos citar as provas de vôo impostas à indústria de aviação pela Autoridade Civil Aeronáutica. A respeito destas provas, diz Mr. E. T. Allen, Director de Vôo e Investigações da Boeing Aircraft Company:

k) Era antigamente exigido que todo e qualquer tipo de avião de transporte fôsse experimentado a tôdas as altitudes às quais devia voar, e em todos os campos de aviação onde se tencionava que fôsse utilizado. As despesas dessas provas eram elevadíssimas. Um estudo matemático do vôo a cota constante permitiu porém determinar uma série de parâmetros básicos e as várias relações entre êles. Êste facto tornou possível a interpretação científica dos dados fornecidos pelos vôos de prova executados em qualquer local onde esteja situada a fábrica, podendo daí concluir-se qual o comportamento do avião em quaisquer condições de vôo. Isto veio reduzir imenso as despesas e o tempo gasto nas experiências.

Quinto — Algumas vezes as experiências são virtualmente impossíveis e a matemática tem que preencher a brecha. Foi-me fornecido um exemplo por Mr. Hall C. Hibbard, Vice-Presidente e Engenheiro Chefe da Lockhead Aircraft Corporation:

l) Um fenómeno infeliz que deve ser encarado quando se elaboram projectos de aviões é um certo tipo de vibrações violentas a que são sujeitas as asas do avião quando êste vôa muito depressa. Essas vibrações são designadas por «flutter» e são altamente perigosas pois têm um carácter tão violento que podem dar origem a perda do controle do vôo e até mesmo a avarias estruturais. O problema técnico a resolver reside por conseqüência em obter a certeza de que a máxima velocidade a que um dado avião poderá voar é inferior àquela a que o «flutter» se dá. É isto um fenómeno para o qual as experiências em túnel aerodinâmico são difíceis, e provas em vôo muito perigosas. Êste fenómeno tem sido objecto duma série de estudos matemáticos, cujos resultados alcançaram já um estado suficientemente avançado para permitir predizer as velocidades críticas e a freqüência do «flutter» enquanto o avião se encontra ainda apenas em projecto. Mais importante ainda, a investigação matemática a êste respeito aponta várias modificações de estrutura nos aviões que permitam que o «flutter» só se dê para velocidades duplas daquelas a que usualmente se dava.

A telefonia fornece-nos um segundo exemplo:

m) O equipamento duma central telefónica automática deve permitir a ligação dum subscritor qualquer com um outro qualquer subscritor. Essa central é constituída por vários andares de conexões, cada uma das quais fornece uma ligação para um colector que por sua vez vai ligar a outro andar de conexões. Deve contar-se com um número suficiente de conexões para que só uma pequena porção de subscritores possa ocasionalmente não obter imediatamente a ligação procurada. Como as chamadas feitas pelos subscritores variam em quantidade de momento para momento, o número de conexões depende em parte da altura dos máximos da curva representativa do número de chamadas. É porém influenciado também pelo modo como os colectores estão dispostos, pela ordem em que as várias cone-

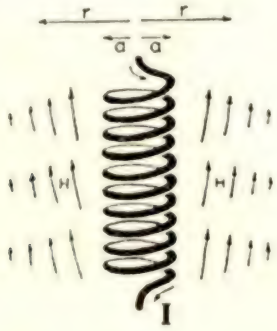
xões os ligam, e por vários outros factores. Uma determinação experimental da importância déstes vários factores é impossível, não só porque seria muito demorada, como também porque seria caríssima. Tem sido porém estudada matemàticamente pelo emprêgo da teoria das probabilidades à priori [1], que é usada para determinar não sòmente qual o número de aparelhos a colocar na central, mas também para comparar entre si os vários métodos que podem ser usados quando se está ainda na fase da construção.

investigação matemática mostrou que o resultado que se devia esperar era um ou outro conforme se adoptasse uma ou outra teoria, e as observações astronómicas confirmaram as predições da mecânica relativista. No campo industrial, um exemplo desta espécie é-me fornecido por Mr. Joseph A. Sharp, Físico-Chefe do Laboratório Geofísico da Stanolind Oil and Gas Company:

n) Como exemplo da segunda espécie do uso da análise temos o estudo da onda terres-

Integrais Elípticos

$$H = \frac{4I}{r}\left[\frac{1}{1-k^2}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-k^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}\, d\lambda - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\lambda}{\sqrt{1-k^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}}\right]$$



Alguns problemas simples de engenharia requerem alta matemática para a sua solução. Isto verifica-se por exemplo nas computações dos campos magnéticos fora da grade espiral duma válvula. Se a grade é bobinada duma forma muito apertada, a corrente pode ser tratada como uma fôlha cilíndrica de raio *a*. Então a componente do campo magnético paralela ao eixo da grade a uma distância *r* do eixo é dada pela função acima escrita de dois integrais elípticos cujo módulo é $k = a/r$

Sexto — A matemática é muitas vezes utilizada em planear as experiências denominadas cruciais para escolher duma vez para sempre entre duas teorias rivais. Um exemplo famoso no campo da física foi o estudo da refracção da luz estelar junto ao disco do Sol, que forneceu um meio de decidir entre a mecânica relativista e a mecânica clássica. Neste caso, a

tre («ground-roll») aquela onda de grande comprimento e baixa freqüência que se verificava à superfície da terra e causava tantos contratempos nos primeiros dias da pesquisa do petróleo por reflexão sísmica, quando se não utilizavam filtros tão freqüentemente como agora. Temos esperança de utilizar êste estudo da transmissão desta onda como auxílio para uma melhor compreensão das propriedades das camadas superficiais do solo e dos seus efeitos nas ondas reflectidas nas quais estamos principalmente interessados.

Existem dois pontos de vista diferentes acêrca

[1] Não por estatística, que constituem probabilidades à posteriori. É êste um dos poucos casos em que as probabilidades à priori são aplicadas na indústria.

do «ground-roll» embora nem um nem outro sejam baseados em muitas observações devidamente controladas. Um dêsses pontos de vista estabelece que o «ground-roll» é uma onda elástica. A análise prediz que uma onda dêste tipo terá uma determinada velocidade em relação com a velocidade de outras ondas, que terá uma certa direcção para o movimento das partículas e uma determinada relação entre o valor máximo da componente horizontal do movimento horizontal e a do movimento vertical, que se amortecerá em função da distância de acôrdo com uma certa lei, que se amortecerá em função da profundidade dum certo modo e que a sua velocidade de dispersão obedecerá a uma certa lei. O segundo ponto de vista estabelece que o «ground-roll» é uma onda num fluido viscoso, e a análise prediz um comportamento semelhante em alguns casos e diferente em outros do da onda elástica. Dispondo das predições da análise, estamos habilitados a projectar um determinado grupo de observações, e a aparelhagem necessária para as executar, experiências essas que serão cruciais para a escolha entre as duas teorias opostas.

Sétimo — A matemática muitas vezes produz um serviço negativo, mas que algumas vezes é de grande importância, para evitar a busca daquilo que se não pode alcançar. Com efeito muitos dos almejados objectivos na indústria são tão impossíveis de conseguir como as máquinas de movimento perpétuo, e freqüentemente a única maneira de reconhecer tal facto é por intermédio da matemática.

o) Um certo tipo de filtro para ondas eléctricas que se designa usualmente por filtro ideal seria muito útil se pudesse ser construído. Foi porém mostrado matemàticamente que uma estrutura dessas teria a propriedade de ser sensível a um sinal antes que o sinal a tivesse alcançado, ou por outras palavras, teria o dom da profecia. Como isto é absurdo, segue-se que um tal filtro não pode ser construído, e por conseguinte ninguém pensa em construí-lo.

Ainda um outro exemplo proveniente do campo das comunicações trata do traçado dos amplificadores:

p) Na prática qualquer amplificador se destina a fornecer sinais numa determinada banda de freqüência. Por várias razões é preferível que êle não amplifique parasitas fora da sua banda de freqüência, de modo que se faz com que a sua curva característica de funcionamento tenha uma queda tão rápida quanto possível fora dos limites da banda própria. Foi demonstrado teòricamente que essa curva não pode descer mais ràpidamente do que uma certa quantidade, que pode fàcilmente ser computada, sem tornar o amplificador instável. Na realidade, a descida possível dessa curva é nalguns casos excessivamente pequena e seriam gastos bastantes esforços inúteis em tentativas para tornar essa descida mais brusca se fôssem desconhecidos os limites teóricos.

Oitavo — Finalmente, a matemática desempenha uma parte muito importante em transformar métodos complicados de cálculo e resultados teóricos complicados em processos na realidade praticáveis. São tantos e tão variados os serviços pertencentes a esta categoria que é difícil a escolha de exemplos. Restringir-nos-emos arbitràriamente a dois, escolhidos principalmente a título de variedade. O primeiro é fornecido por Mr. Hibbard:

q) Na estrutura dum avião, a casca metálica, embora muito fina, contribue em grande parte para a resistência estrutural. No entanto, essas chapas metálicas finas ondular-se-ão ou enrugar-se-ão se se excede uma certa carga limite. Além dêste ponto as usuais teorias estruturais já não têm aplicação directa e é portanto necessário introduzir novos métodos de de ataque para poder prever até que ponto vai a resistência da chapa.

O comportamento dos reforçadores dessas chapas é difícil de tratar por métodos teóricos, mas interpretando o efeito dos reforçadores como sendo equivalente a um aumento de espessura das chapas ou a uma diminuïção na sua largura, os cálculos podem ser conduzidos a dentro de limites permissíveis.

A interpretação da reacção elástica do ar sôbre um microfone como que equivalente a um aumento da massa do diafragma, a postulação de correntes imaginárias, como substituto para as correntes induzidas, num solo bom

condutor, pela linha de transmissão de corrente que lhe passa por cima, e uma grande série de outros processos semelhantes podem ser citados como exemplos das simplificações introduzidas por raciocínios matemáticos mais ou menos válidos.

O segundo exemplo é fornecido pelo Dr. E. U. Condos, Director Associado dos Laboratórios de Investigações da Westinghouse Electric and Manufacturing Company:

r) Na manufactura de máquinas rotativas é de extrema importância que as partes que rodam fiquem dinâmicamente equilibradas, afim de reduzir ao mínimo a vibração de reacção nos munhões a que um desiquilíbrio dá origem. A teoria indica quais as fases e amplitudes das vibrações dos munhões produzidas por massas em desiquilíbrio colocadas em vários pontos do rotor; reciprocamente, raciocinando ao contrário, partindo das vibrações observadas, é possível computar qual a correcção necessária para destruir o desiquilíbrio. Foi recentemente construída uma valiosa máquina que, não só mede o desiquilíbrio, como também mostra automàticamente os pontos onde se devem efectuar as correcções, eliminando assim a necessidade dos cálculos.

O rotor que se pretende equilibrar é feito girar em munhões, sôbre os quais estão montados microfones, que originam voltagens alternativas correspondentes às vibrações dos munhões. Estas voltagens alimentam uma rêde de análise, que indica automàticamente a correcção necessária para obter o equilíbrio dinâmico. Nalguns casos o débito da máquina de balançamento tem sido aproveitado para fazer trabalhar um furador eléctrico, que elimina automàticamente o pêso de metal necessário no ponto necessário para restabelecer o equilíbrio. Estas máquinas estão sendo aplicadas na manufactura de pequenos motores, em veios de automóveis, e nos rotores pesados de máquinas geradoras de potência.

À mesma classe pertence o isógrafo, por intermédio do qual se podem determinar mecânicamente raízes complexas de polinómios; o padrão de tensões, que regista as componentes principais das tensões numa membrana sujeita a esforços, sem que seja conhecida de antemão a posição dos eixos principais; réguas de cálculo para uma grande série de empregos especiais, tais como cálculos com números complexos, determinação do comportamento possível de aviões, pêso e equilíbrio de aviões, e outras coisas semelhantes. Deveríamos talvez incluir na mesma categoria o uso das películas das bolas de sabão para o estudo de tensões elásticas, o uso da corrente em tanques electrolíticos para o estudo dos campos potenciais, e o uso de esferas de aço rolando sôbre membranas esticadas sôbre suportes irregulares para estudar os movimentos dos electrões em campos eléctricos complicados. Tudo isto são artifícios mecânicos destinados a poupar trabalho, mas são mais do que isto, pois que assentam sôbre uma base matemática. Êles são na verdade, exemplos do uso da matemática com o fim de evitar os matemáticos.

A matemática em algumas indústrias particulares

Comunicações — As comunicações constituem um campo em que os métodos matemáticos têm sido largamente usados. Isto é devido em grande parte ao facto de que a transmissão de ondas eléctricas através de fios e do éter seguem leis que são especialmente bem tratadas pelos processos matemáticos; e em parte também ao facto de que uma grande parte das investigações tem sido centralizada num único laboratório, pondo assim em contacto um grande número de engenheiros reünidos num só grupo e justificando o emprêgo de especialistas consultivos. Mais importante do que tudo, porém, é o facto da existência de dois aparelhos — válvulas electrónicas e rêdes eléctricas — sem as quais a moderna telefonia seria impossível; e um dêstes, a rêde eléctrica, é e tem sido quási desde a sua origem um produto da investigação matemática. A matemática tem sido assim tão essencial para o desenvolvimento da telefonia como o fio do cobre ou o microfone de carbono.

Número de matemáticos — A Repartição de Investigação Matemática dos Laboratórios dos Telefones Bell utiliza 14 matemáticos. Talvez um igual número de outros espalhados por várias repartições de engenharia poderão

também ser classificados como matemáticos de acôrdo com a definação adoptada neste relatório. Digamos então um total de 25 ou 30 para os Laboratórios Bell, alguns mais para todo o Bell Sistema, tomado em conjunto, e talvez 40 ou 50 no inteiro campo das comunicações, incluindo as companhias interessadas na T. S. F. e televisão. Alguns dêstes homens têm uma grande dose de trabalho com experiências, mas o seu trabalho mais significativo é teórico.

Em adição, existe um número muito maior de homens que utilizam métodos matemáticos em grande extensão no seu trabalho diário, mas cujo tipo mental não é aquêle que classificámos como matemático, e que não foram por conseguinte incluídos nos números atrás citados. Isto aplica-se em parte aos engenheiros que têm a seu cargo o traçado das rêdes eléctricas.

Uso de matemática — A actividade matemática é mais intensa: (1) no projecto de filtros de ondas e de igualizadores; (2) no estudo da transmissão através de fio e do éter, e nos problemas concomitantes de radiação e recepção da antena, interferências indutivas entre as várias linhas, etc.; (3) no estudo de vários problemas relativos ao padrão de qualidade dos serviços nas centrais telefónicas, tais como os que se referem à quantidade de equipamento necessário, probabilidade de demoras e conexões duplas, horas de maior número de chamadas, etc.; (4) em fornecer uma base racional para o traçado de instrumentos, tais como transmissores e receptores, válvulas, dispositivos de televisão, etc.; (5) em desenvolver métodos estatísticos eficientes para o estabelecimento dos planos de experiências e sua interpretação, e para controlar a qualidade dos aparelhos manufacturados.

Perspectivas futuras — Durante os últimos 20 anos o número de homens empregados na investigação referente às comunicações tem aumentado com grande rapidez, mas esta rápida expansão parece estar quási terminada. Um aumento grande no pessoal matemático desta indústria parece portanto pouco provável. Parece inevitável que os problemas aumentarão de complexidade, e que os métodos teóricos se tornarão cada vez mais importantes, mas supõe-se que esta tendência será contrabalançada pelo progressivo melhor treino dos engenheiros, em lugar de o ser por um aumento dos matemáticos. Na verdade, a não ser que as habilitações dos matemáticos se elevem progressivamente com as dos engenheiros, é possível que o número de matemáticos empregados pela indústria tenda a diminuir.

Manufacturas eléctricas

Substancialmente tôdas as investigações no campo da geração de potência são levadas a cabo por um pequeno número de electricistas. As companhias geradoras de potência, em geral aceitam e exploram todo e qualquer equipamento que lhes seja fornecido pelos construtores, e contribuem em geral para o seu melhoramento apenas pelas críticas que fazem a respeito do seu funcionamento passado. Muitos dos engenheiros, porém, são individualmente activos pelo que respeita à invenção e desenvolvimento do equipamento melhorado.

Número de Matemáticos — O número de matemáticos nesta indústria é menor do que nas comunicações, e não é fácil fazer o seu cálculo, pois que o seu trabalho é aqui menos separado de outras actividades. O número total de pessoas que aqui se poderiam considerar como matemáticos é de cêrca de uns 20.

Como nas comunicações, alguns são parcialmente dedicados a experiências. Outros há porém que podem ser claramente reconhecidos como consultores, e é evidente que as Direcções estão cada vez mais conscientes do valor dos seus serviços.

Uso da matemática — A matemática é mais empregada: (1) No estudo de problemas estruturais e dinâmicos, tais como, esforços, atritos e fadiga do material nas máquinas, vibrações e instabilidade nas turbinas e noutras máquinas rotativas, etc.; (2) na avaliação dos maus efeitos produzidos por cargas aplicadas de repente, efeitos dos raios e avarias nas linhas de distribuïção de potência e suas fontes associadas, e no determinar os melhores meios de diminuir os seus efeitos; (3) no estudo do funcionamento do conjunto, particularmente na determinação da melhor localização, sob o ponto de vista

económico e de efeitos úteis, de novo equipamento, na avaliação do comportamento da distribuïção de corrente alternativa; (4) no melhoramento de projectos de geradores, motores, transformadores e outros dispositivos semelhantes, de modo a torná-los mais eficientes e mais dignos de confiança, e em semelhantes melhoramentos na eficiência térmica das turbinas; (5) no traçado de vários aparelhos e instrumentos.

Os métodos estatisticos estão sendo introduzidos na manufactura e nas investigações, mas não têm uma aplicação tão larga como na telefonia.

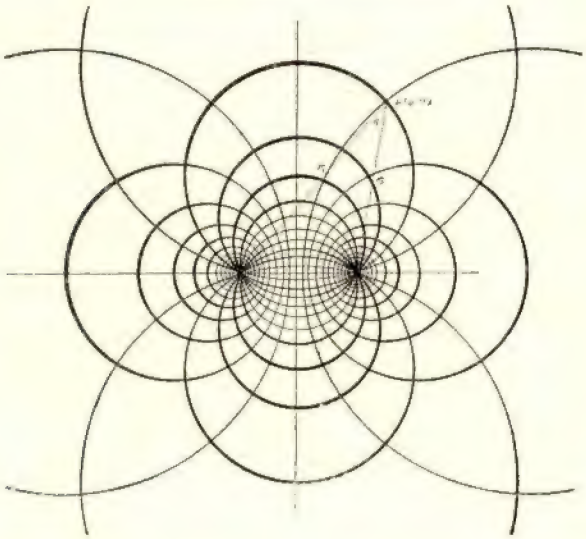
Perspectivas futuras — A quantidade de dinheiro gasto no desenvolvimento destas indústrias está gradualmente aumentando, pois que, como nas outras indústrias os problemas se vão tornando cada vez mais complexos. Daí resulta um lento aumento no número de matemáticos que provàvelmente serão utilizados, com um aumento na qualidade das qualificações requeridas, não só no que diz respeito a treino matemático, mas também pelo que respeita a temperamento e personalidade.

Indústria do petróleo

A indústria do petróleo é constituída por várias unidades produtoras de importância vária, com carácter de elevada competição, e cercadas por um grande número de organizações consultoras, tôdas elas pequenas. As maiores companhias produtoras, e dentro das suas possibilidades, as unidades consultoras também, mantêm laboratórios de investigações.

Êles têm tendência a conservarem segrêdo acêrca dos melhoramentos a que os seus trabalhos dão origem, algumas vezes dum modo surpreendente. Daí resulta uma grande duplicação de esforços, sobretudo no que diz respeito

Coordenadas Bicirculares



$$(x + \coth u)^2 + y^2 = \operatorname{cosec} h^2 u \quad ; \quad x^2 + (y - \cot \theta)^2 = \operatorname{cosec}^2 \theta$$
$$u = \log (r_2/r_1)$$

O uso do sistema bicircular de coordenadas facilita a determinação da distribuïção da carga eléctrica em dois condutores paralelos, e daí, a sua capacidade. Fazendo girar o sistema bicircular em tôrno do eixo vertical gera-se um sistema de coordenadas toroidais que facilita a determinação da capacidade de um toro.

ão projecto de aparelhos para pesquisas geofísicas, e nos métodos de interpretação dos elementos que êles fornecem.

Número de matemáticos — Esta indústria emprega mais matemáticos do que geralmente se supõe, sendo alguns dêles homens de elevada competência. O total de matemáticos de primeira categoria é de uns 15 a 20. Devido porém ao pequeno número de directores nas repartições de investigações, estes matemáticos têm que arcar com grande parte das responsabilidades, além do seu trabalho teórico. Êste estado é normal em tôdas as pequenas organizações; a anormalidade reside na falta de contacto com homens dedicados aos mesmos serviços em outras organizações semelhantes, a quem possam ir buscar um certo estímulo.

Usos da matemática — A pesquisa do petróleo divide-se em 3 actividades: sua busca, produção e refinação.

Existem 5 métodos conhecidos de pesquisar o petróleo: gravítico, sísmico, eléctrico, magnético e químico. Os quatro primeiros dão origem a importantes problemas matemáticos para o projecto de aparelhos e interpretação dos dados por êles fornecidos. O quinto requere o uso de métodos estatísticos.

Investigações acêrca dos métodos de criação dum campo de petróleo têm dado origem a alguns estudos matemáticos acêrca da corrente petrolífera subterrânea, e dariam sem dúvida origem a outros se os resultados dêstes estudos pudessem ser devidamente utilizados. Sucede porém que a quantidade do óleo que pode ser explorada é quási que inteiramente determinada pela lei, e o mesmo sucede indirectamente pelo que respeita à sua localização, de modo que a investigação matemática resulta em grande parte estéril, pelo menos na América.

A terceira actividade — refinação — é em grande parte uma indústria química. As observações seguintes, devidas ao Dr. E. C. Williams, Vice-Presidente Encarregado das Investigações da Shell Oil Company, aplicam-se por conseqüência não só ao negócio do petróleo, mas a tôdas as indústrias químicas em geral:

«Os dois problemas principais da química (deixando de lado a identificação das substâncias) são o cálculo do equilíbrio e a determinação das leis que regulam a possibilidade de alcançar êsse equilíbrio. O primeiro problema, envolvendo a termodinâmica e a mecânica estatística, é em geral bem compreendido, e em geral, por computações simples podem adquirir-se elementos suficientemente rigorosos, pelo menos para a aplicação industrial. Freqüentemente, quando vários equilíbrios são simultâneamente possíveis, aparecem equações complicadas, mas nós só raramente as resolvemos directamente. O que fazemos é elaborar tabelas da variável dependente em percentagens como uma função das variáveis independentes (temperatura, pressão, concentração). As fontes onde vamos buscar estes elementos são porém numerosas e às vezes exigem a aplicação da alta matemática, como por exemplo na determinação das propriedades termodinâmicas partindo de elementos espectroscópicos utilizando as estatísticas quânticas.

A situação é muito menos favorável na determinação das leis de velocidade das reacções químicas. Tem sido aplicado com pequeno sucesso um método semi-empírico baseado na mecânica quântica, às reacções mais simples que têm lugar em fase gasosa, mas virtualmente os progressos têm sido nulos no campo mais importante das reacções heterogéneas (reacções de gases sôbre superfícies, por exemplo). Podemos dizer que não existe presentemente nenhuma teoria matemática satisfatória para êsses cálculos. Estão-se fazendo alguns progressos, mas somos ainda incapazes de prever um catalizador adequado para uma qualquer reacção. Pelo presente temos que nos limitar a sentirmo-nos felizes em poder explicar algumas observações feitas quando de reacções simples.»

Perspectivas futuras — É inadmissível que as investigações matemáticas nesta indústria não continuem pelo menos com o nível que actualmente têm. Daí é de esperar que será necessário maior trabalho matemático na exploração e refinação do petróleo. É de esperar uma necessidade moderada de matemáticos competentes, com bons conhecimentos básicos de geologia e física clássica para os trabalhos geofísicos, e de físico-química e física molecular para os trabalhos no campo da química.

Indústria da aviação

A indústria da aviação é também constituída por um certo número de unidades independentes e possue também um elevado espírito de competição. É uma indústria nova em que a regra tem sido um rápido desenvolvimento técnico e um grande aumento de importância. Tem sido dependente principalmente de laboratórios, do govêrno, e em menor grau das universidades, e tem explorado as investigações dêstes organismos para o melhoramento dos projectos dos aviões. Nenhuma das unidades desta indústria tem presentemente qualquer laboratorio no sentido em que esta palavra deve ser tomada em indústrias maiores e mais antigas, mas começaram já a aparecer os princípios de repartições de investigações, e podem reconhecer-se claramente investigadores individuais e projectos de investigações.

Número de matemáticos — Alguns homens existentes nas repartições de engenharia destas companhias deveriam ser sem dúvida classificados como matemáticos, mas é impossível fazer um cálculo ainda que apenas aproximado do seu número. É possível contudo citar factos que têm uma significação de importância pelo que respeita ao uso da matemática nesta indústria.

O traçado dum moderno quadrimotor de transporte requere cêrca de 600.000 horas de trabalho até se terem preparado por completo os desenhos de execução. Cêrca de 100.000 horas são gastas em análise matemática das estruturas, comportamento, distribuïção das cargas e estabilidade. Muito dêste trabalho é de rotina, mas algum é de carácter fundamental, como se torna evidente por alguns exemplos já citados neste relatório.

Dos 670 homens utilizados na repartição de engenharia de uma das grandes companhias, cêrca de 25 têm treino matemático um tanto superior ao usualmente obtido pelos engenheiros, e cêrca de 10 utilizam êsse treino dum modo significativo.

Uso da matemática — Ao projectar um aeroplano, existem 5 factores de particular importância. Estes podem ser usados para indicar as direcções em que poderemos esperar investigações matemáticas.

1) Comportamento (isto é, carga útil, raio de acção, velocidade e velocidade de ascensão, etc.).

No passado, previsões acêrca do comportamento eram quási sempre baseadas em dados empíricos. Os métodos matemáticos de cálculo estão sendo agora derivados da teoria hidrodinâmica, e estão sendo utilizados cada vez em maior grau.

2) Poder de sustentação e arrastamento (isto é variações das fôrças que actuam sôbre as asas).

Êste é o principal objectivo do traçado aerodinâmico das asas. A técnica da predição apoia-se em duas bases: experiências em túneis aerodinâmicos e teoria dos filetes de ar, por meio da qual são interpretados e aplicados os resultados experimentais. Por exemplo, a teoria dos filetes de ar sugere que forma devem ter êsses filetes por forma a evitar distribuïções de pressão desfavoráveis e está conduzindo ao traçado de asas melhoradas. Esta parte do projecto de aviões é já altamente matemática, mas continuam ainda sem solução um certo número de problemas fundamentais. Por exemplo a teoria é ainda incapaz de prever o «Stall» (queda por perda de velocidade) e muito pouco se sabe ainda acêrca das formas óptimas ou da turbulência do ar, apesar duma recente teoria estatística da turbulência ter contribuído para uma melhor compreensão da corrente de ar ao longo do avião e tenha dado como resultado directo uma diminuïção do arrastamento do avião pelo ar e por conseqüência um melhor comportamento.

3) Estabilidade (regularidade inerente do movimento).

A estabilidade dum aeroplano em vôo é função do seu traçado aerodinâmico e completamente distinta do seu controle ou qualidades de manobra. As teorias das pequenas oscilações tem sido aplicada com êxito aos vôos rectilíneos. Mais recentemente o problema de prever qual a reacção do avião às manobras dos controles tem utilizado para a sua resolução o cálculo operacional de Heaviside. Problemas correntes de estabilidade dinâmica que caem dentro dos domínios da matemática aplicada são o comportamento dum avião quando correndo no solo e o comportamento de hidros quando correndo sôbre a água.

4) Segurança estrutural.

É necessária uma boa avaliação da segurança estrutural no traçado de aviões. Em muitas indústrias a falta de rigor pode ser compensada pelo aumento das margens de segurança, mas como a carga útil do avião é pequena em relação com o seu pêso total, êsse aumento na margem de segurança reduziria sèriamente o valor da sua carga útil ou então torná-lo-ia incapaz de se levantar do chão. Métodos matemáticos têm sido sempre usados nesta fase do projecto dum avião sempre que é possível a sua utilização. A técnica usual consiste em executar o projecto, primeiro tomando como base os cálculos teóricos, em seguida executar as construções e experimentá-las, e se os resultados da experiência não estiverem de acôrdo com as previsões, o projecto é modificado e a peça de novo construída e experimentada. Êste processo é continuado até se obter um resultado satisfatório. É muito lento e dispendioso. Os métodos teóricos são agora suficientemente bons para que a maioria das experiências estruturais confirme as previsões teóricas com o rigor necessário para não requerer nova construção. Sucede porém que estão sempre a aparecer problemas novos, sendo por conseqüência necessário um estudo matemático contínuo. Começou-se também a aplicar os princípios do cálculo de probabilidades na determinação de factores estruturais de carga.

5) «Flutter» (Vibração das asas).

Referímo-nos já à impraticabilidade do estudo dêste fenómeno por outros processos que não sejam matemáticos. As equações gerais são complicadas, e só se tem conseguido resolvê-las admitindo várias hipóteses simplificativas. Os resultados são bons para servirem de controle, mas necessitam depois de serem mais trabalhados. A importância do problema aumenta progressivamente à medida que são projectados aviões mais eficientes, e a necessidade duma teoria matemática adequada está-se tornando crítica.

Perspectivas futuras — Parece inevitável que por razões de economia esta indústria se apoiará cada vez mais em métodos teóricos de projecto e que a matemática desempenhará um papel mais importante ainda no futuro do que o que tem desempenhado até aqui. É também provável que por razões de competição as várias indústrias tenderão a completar as investigações feitas por laboratórios do govêrno com investigações realizadas por elas próprias. Para mais, tendo em vista o estado fragmentário da teoria aerodinâmica, não nos devemos surpreender se uma parte das investigações a realizar tenha por único objectivo o desenvolvimento da teoria em si.

A confiança a depositar nestas afirmações é, claro está, condicionada pelas perspectivas financeiras da indústria. Por agora, as encomendas de guerra estão causando uma inflacção anormal nos ganhos; quando estes cessarem haverá uma fase de paragem inevitável. A indústria não é porém altamente mecanizada, e por conseqüência o presente ciclo de inflacção não implica tão grandes despesas de instalação como se dá em outras indústrias. Por êste motivo, o período de deflacção é natural que seja constituído por grandes quantidades de dinheiro nos bancos, mas encomendas insuficientes para ocupar o tempo de muitos técnicos competentes que a gerência não terá grande vontade de despedir. Se isto se der é provável que se verique um aumento quási de carácter explosivo nos trabalhos de investigação.

Quer êsses trabalhos tenham êsse carácter quer não, é provável que esta indústria bem depressa seja uma das que maior número de matemáticos utilizem.

Estatística Industrial e Estatísticos

A estatística entra no mundo dos negócios em pontos completamente distintos dos tocados pelo resto da matemática. Além disso o tipo de negócios que mais a utilizam — seguros e finanças, previsões económicas, estudo dos mercados, elasticidade da procura em confronto com os preços, lucros e pensões, etc. — pertencem ao campo das ciências económicas que constituem um relátório separado e não necessitam portanto de serem tratadas aqui.

Existem porém outros aspectos em que as teorias estatísticas poderiam ser de grande utilidade para a indústria, mas até à data têm sido pouco explorados. Êste relatório indicará por conseqüência quais são êsses campos de

útil aplicação e quais os trabalhos nêles realizados.

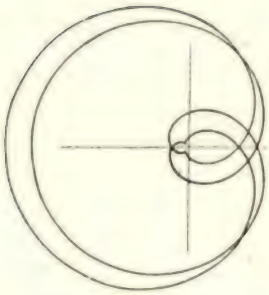
Os estatísticos na indústria — Por estatístico queremos indicar uma pessoa conhecedora e utilizando as teorias estatísticas, e não uma pessoa que coleccione elementos para a elaboração de gráficos e estudo dos seus resultados. No mundo da indústria, a palavra é porém a maioria das vezes usada neste último sentido.

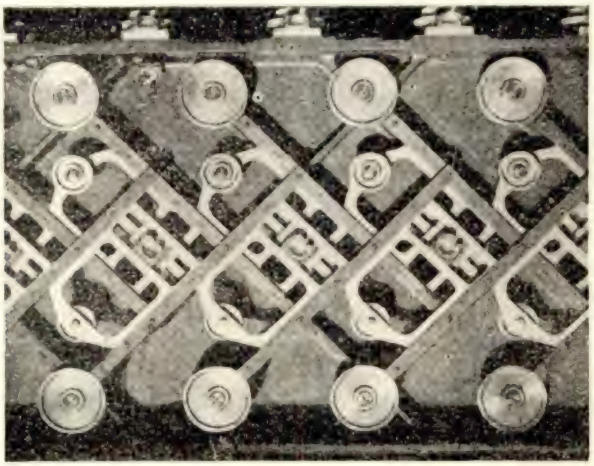
Existe uma grande diferença entre o número de estatísticos na indústria, e o número de pessoas interessadas pela estatística. Qual a grandeza dessa diferença, pode-se concluir duma comparação entre o número de membros da Associação de Estatística Americana, que se dedica às aplicações da estatística no seu sentido mais largo, e o dos membros do Instituto Americano de Estatística Matemática, que se limita mais especialmente ao desenvolvimento de técnica estatística. A primeira possue 277 membros com endereços industriais, e o segundo apenas 10.

A estatística na indústria — O Dr. W. A. Shewhart, Investigador Estatístico dos Laboratórios dos Telefones Bell, delineou larga e sucintamente qual o campo em que a estatística pode encontrar aplicação, do modo seguinte:

«Visto que as inferências indutivas são apenas prováveis, ou, por outras palavras, visto que a repetição duma mesma operação sob as mesmas condições essenciais não é de esperar que conduza a resultados idênticos, temos

Isógrafo





O Isógrafo foi elaborado pelos Laboratórios dos Telefones Bell para determinar matemàticamente as raízes de polinómios de alto grau. Seja

$$p(z) = \sum_{0}^{n} a_j z^j \quad \text{ou} \quad \sum_{0}^{n} a_j r^j \cos j\theta + i \sum_{0}^{n} a_j r^j \operatorname{sen} j\theta \quad \text{e} \quad z = r(\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)$$

O isógrafo traça um gráfico dos valores complexos de $p(z)$ à medida que a variável descreve o círculo $|z| = r$. Êste gráfico contorna a origem uma vez por cada raiz menor em valor absoluto do que r. O número de raízes entre valores experimentais de r determina-se contando essas voltas e o valor de r correspondente à passagem do gráfico pela origem é determinado por interpolação. Êste valor de r e o correspondente valor de θ definem as partes reais e imaginárias duma raiz.

necessidade de um método científico que indique o grau de variabilidade observada, que não pode ser atribuída ao acaso. Daqui conclui-se que o uso da estatística matemática é essencial para o desenvolvimento dum método científico adequado, e que a estatística matemática pode ser de uma utilidade potencial sempre que os métodos científicos possam ser usados com vantagem.»

Mais especìficamente, ha cinco tipos distintos de engenharia industrial em que as teorias estatísticas são ou podem ser usadas.

a) No estudo de dados experimentais para determinar se as variações observadas podem ser consideradas como acidentais ou significativas. Um exemplo disto pode ser encontrado no campo das pesquisas geoquímicas. O petróleo existente à superfície, em regiões em que exista petróleo contém uma mais alta percentagem de hidrocarbonetos e gorduras do que o existente em outros locais. A análise química do petróleo superficial dá portanto origem a um método de pesquisa de petróleo. Mr. Eugene Mc Dermott escreve:

«No método geoquímico, achou-se necessário escolher entre amostras contendo valores de análise (de hidrocarbonetos) altamente significativos, e aqueles que apenas indicavam os valores normais. Estas amostras normais mostravam, é claro, grandes diferenças entre umas e outras. Depois de examinar estes dados durante muito tempo, foi resolvido atacar o problema matemàticamente e estatìsticamente. Isso mostrou imediatamente que as áreas examinadas podiam ser divididas em positivas (dando valores significativos e por conseqüência favoráveis, sob o ponto de vista de possibilidades em petróleo), negativas (nenhuns valores significativos e por conseqüência desfavoráveis para o petróleo) e marginais (indeterminadas). Êste último caso é sempre o de mais difícil resolução, e embora estejamos actualmente habilitados a reconhecê-los, será necessário mais trabalho para o interpretar devidamente. Esta espécie de matemática está sendo aplicada no momento presente, e são bons os auspícios de uma resolução do problema.

b) Em planear a espécie de experiências das quais êsses elementos são colhidos. O serem ou não significativas as diferenças depende, e não em pequeno grau, do modo como êsses dados são colhidos. Uma discussão prévia da experiência sob um ponto de vista estatístico dá em resultado uma economia de trabalho, podendo mesmo indicar pontos de diferença entre resultados dignos de confiança e resultados sem significação.»

O exemplo seguinte, é extraído dum relatório do Dr. R. H. Pickard, Director da British Cotton Research Association:

«Para exemplificar as vantagens dum bom plano prévio de experimentação, posso referir algumas das experiências realizadas no Shirley Institute para apreciar o efeito de vários tratamentos sôbre a qualidade do pano. Esta qualidade variava consideràvelmente em vários pontos da mesma peça de pano, e afim de determinar o efeito dos tratamentos as experiências foram repetidas sistemàticamente de modo a achar a média das variações. Algumas das variações eram porém sistemáticas, de modo que por um tratamento especial estas variações sistemáticas foram eliminadas das comparações, e no exemplo citado o resultado foi o reduzir a metade o número de experiências necessárias para alcançar resultados significativos quando as experiências eram executadas absolutamente ao acaso.»

Até ao ponto em que se possa considerar a biologia como um elemento importante nas investigações industriais — e parece que isso está acontecendo em campos como por exemplo os da produção de alimentos — pode-se prever que as aplicações estatísticas atrás mencionadas serão de aplicação que tenderá a aumentar.

c) Em projectar uma rotina de inspecções. A inspecção de produtos manufacturados fornece com freqüência elementos que podem ser melhor interpretados estatìsticamente, quer porque as verificações efectuadas não são totais, quer porque o método de inspecção dá medidas que são sujeitas a flutuações acidentais. Nessas condições a estatística é de grande vantagem para projectar um programa de inspecção económico e eficiente. Ela está sendo

usada em algumas indústrias, principalmente nas de têxteis e eléctrica, mas o seu campo de utilização potencial está longe de ter sido exausto.

O exemplo seguinte, é extraído de um relatório de Mr. Warner Eustis, Membro da Repartição de Investigações de Kendall Company:

«As suturas cirúrgicas são constituídas por fibras entrelaçadas de intestinos de carneiro, que foi cortado no sentido do comprimento. Depois de um certo número de dias, as costuras feitas no corpo humano com êste material, durante uma operação cirúrgica, são digeridas e desaparecem à medida que a cicatrização progride... É êste um produto que é impossível de experimentar de qualquer modo sem o destruir, especialmente porque cada sutura vem fechada em tubos separados esterilizados. A experiência mais completa a fazer consiste em abrir um tubo e experimentar o produto que êle contém. A avaliação da qualidade da totalidade do produto apoiar-se-á por conseqüência sôbre probabilidades, pois que é evidentemente impossível abrir todos os tubos e experimentar o produto que contêm. Devido à natureza do emprêgo dêste produto, em que uma única falência que seja pode destruir uma vida humana, a necessidade duma avaliação rigorosa da sua qualidade é de suma importância.»

d) No controle dos processos de manufactura. A inspecção não é apenas um meio de pôr de parte um produto mau; é também um meio de descobrir defeitos na técnica do seu fabrico. Isto é óbvio nos casos extremos em que o produto é anormalmente mau. Pelo uso de rotinas apropriadas estabelecidas de acôrdo com as teorias estatísticas, os resultados diários das inspecções podem ser utilizados para descobrir qualquer degradação incipiente no processo de manufactura, que poderia doutro modo passar sem ser notado. Êste método é largamente usado pela Western Electric Company para assegurar a qualidade uniforme em muitas peças manufacturadas e em menor grau noutras indústrias. A êste respeito diz Mr. J. M. Juran, Engenheiro de Manufactura da Western Electric Company:

«Temos visto com muita freqüência que um grupo de inspecção se desleixa até que comecem a aparecer queixas dos consumidores. Então o pêndulo balouça ràpidamente para o outro lado, e a fábrica geme com os esforços desmedidos necessários para conseguir o padrão de qualidade exigida. Um são e certo controle, do mesmo modo que uma boa política financeira nas relações comerciais, dão aos contramestres da fábrica um sentimento de confiança e dá ao consumidor o sentimento de que se está exercendo o devido controle antes que os produtos sejam postos à venda.»

e) Em redigir especificações racionais. É óbvio que se um tal método auxilia o fabricante a assegurar uma qualidade uniforme dos seus produtos, é também vantajoso para o consumidor. Por êste motivo a estatística entra no âmbito da redacção das especificações dos cadernos de encargos redigidos pelos compradores. Tem sido usado dum modo reduzido no Bell System em relação a aparelhos telefónicos, e pelo Govêrno dos Estados Unidos na compra de munições. Deve porém dizer-se que êste é um campo de aplicação ainda relativamente pouco explorado. A êste respeito, o Comandante Leslie E. Simon, do departamento de Material de Guerra da Marinha dos Estados Unidos, diz:

«Os métodos estatísticos têm provado ser um instrumento potente para o exame crítico das especificações para a compra de munições antes da sua aprovação ser feita. O seu uso, directo ou indirecto, é quási essencial para determinar um padrão de qualidade razoável e económico, comparando a qualidade desejada com o que se pode esperar duma fabrica de reconhecida competência. Do mesmo modo, a técnica estatística presta valiosos serviços no projecto das especificações de aceitação.

Por seu intermédio é possível determinar de um modo claro e justo qual a qualidade e quantidade da evidência necessária fornecida pelas provas que se deve aceitar como um bom padrão de qualidade.»

Conclusão

É talvez pouco usual concluir uma investigação desta espécie, referindo quais as impres-

sões que ela causou a quem a escreveu. No caso presente, porém, o elemento de educação própria foi tão grande que essas impressões podem servir para dar um resumo do relatório, melhor do que uma recapitulação formal. Elas são:

1) Devido ao seu significado natural, como linguagem da ciência, a matemática invadiu todo o campo das investigações industriais.

2) O seu campo de utilização continua todavia crescendo, em parte devido ao desenvolvimento de novas indústrias tais como a da aviação, e em parte devido à incorporação de novos desenvolvimentos científicos nas investigações industriais, como por exemplo a aplicação da física quântica nas manufacturas químicas e as teorias estatísticas no controle dos processos de manufactura.

3) A necessidade de matemáticos profissionais na indústria aumentará com o aumentar da complexidade das investigações industriais, mas o seu número será sempre inferior ao dos físicos e químicos.

4) Ha uma grande falta de cursos universitários para o treino conveniente de matemáticos industriais.

5) As gerências, que estão já bastante ao facto da importância da matemática, também cada vez mais convencidas da necessidade dos matemáticos e das relações peculiares que êles devem manter com o resto do pessoal.

Esta última observação não é trivial. Tempos houve em que, nos círculos de engenheiros, os matemáticos eram depreciativamente considerados como exquisitos e incompetentes. Isso quási que acabou. Agora, a atitude que com mais freqüência se encontra é a de um certo espanto e orgulho, ao indicar-se um matemático e dizer-se que «não é como a maioria dos matemáticos; êste dá respostas que podem ser utilizadas e não tem mêdo das aproximações.» À medida que a verdadeira função do matemático industrial se torna mais bem conhecida, estas observações deixarão de se ouvir. Aqueles que tiverem competência para o seu trabalho serão considerados; os outros serão reconhecidos como falhados, e não serão tomados como tipo padrão. Talvez que o presente relatório possa apressar a chegada dêste dia. Se assim fôr, terá sido útil à profissão e à indústria.

Sôbre a síntese duma bi-ciclo-octano-diona

Doutoramento em química orgânica, na Escola Superior Técnica Federal de Zurique

Pelo Eng.º Químico diplomado A. BORGES DE ALMEIDA

(ANTIGO ALUNO DO I. S. T.)

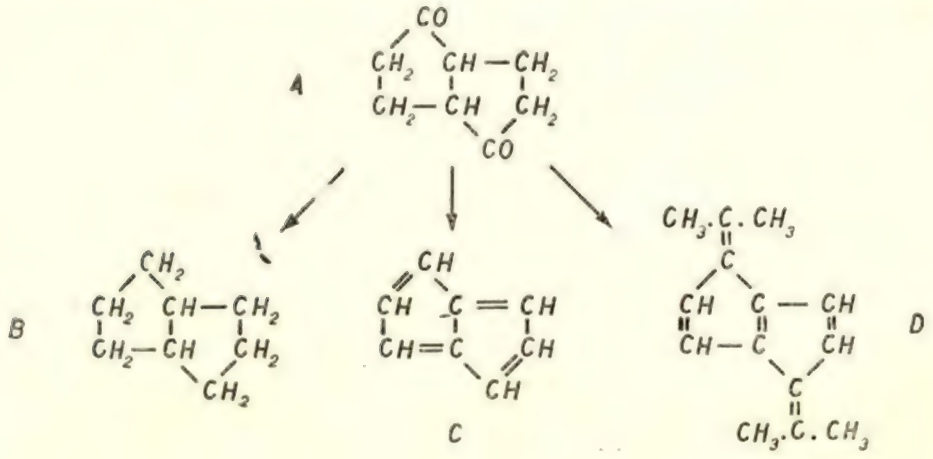
Ao apresentar-me em 1930, quatro anos depois de obtido o diploma de engenheiro químico, em Zurique ao Prof. Ruzicka, para doutorar-me em química orgânica, tinha em vista continuar as experiências realizadas com a bixina, corante que se encontra nas sementes do urucueiro, Bixa orleana, abundante no Brasil, usado para tingir de vermelho o algodão, a lã e a sêda e para dar côr amarela à manteiga e à margarina. Com tal fim, levava quantidades apreciáveis de bixina que tinha purificado e cristalizado cuidadosamente.

Como porém o Prof. Karrer da Universidade de Zurique, já se ocupara da constituïção da bixina, achou o Prof. Ruzicka melhor, propor-me outros assuntos. Para doutorar-me numa Escola de Engenharia, deliberei abandonar as experiências iniciadas com êste còrante vegetal e dedicar-me a uma síntese, à síntese da bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona, que era de todos os trabalhos que o Prof. Ruzicka me podia apresentar, o que mais o interessava, embora fôsse, como logo me avisou, longo e muito trabalhoso. Além disso estava mais indicado, o que sei hoje por experiência própria, para quem termina um curso e pretende aperfeiçoar-se nos métodos de investigação, por ser mais fácil, realizar uma síntese orgânica, do que procurar estabelecer a constituïção de compostos naturais.

É com prazer que publico em Portugal, uma das muitas sínteses propostas por êste meu professor. Tomo a liberdade de destacar a minha contribuïção teórica, os meus primeiros passos no domínio da investigação, para realçar as dificuldades que tiveram de ser vencidas até chegar ao fim, num trabalho minuciosamente preparado.

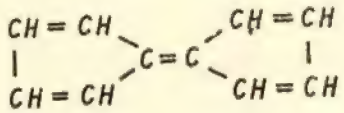
Importância da síntese da bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona

A bi-ciclo-octano-diona (A), substância nova com dois anéis pentagonais associados, devia servir de ponto de partida para a preparação de vários compostos interessantes:



Derivados desta di-cetona, teríamos, os hidrocarbonetos (B) e (C), correspondentes neste novo sistema de anéis, ao decaleno e ao naftaleno e o hidrocarboneto (D) que deveria contribuir para desvendar a constituïção dos azulenos, hidrocarbonetos de linda côr azul celeste. Se realmente o hidrocarboneto (D) fôsse um azuleno, o que parecia provável por ter dois sistemas associados de duplas ligações cruzadas (os fulvenos, com um sistema de duplas ligações desta natureza já são vermelhos) então preparar-se-ia, aquecendo com selénio, o derivado hidrogenado bi-cíclico, porque descobrira-se, que nos azulenos, além de dois anéis, existiam cinco duplas ligações, hidrogenáveis catalìticamente e que o produto da hidrogenação, incolor, apresentava a curiosa propriedade de, aquecido com selénio, perder de novo hidrogénio e regenerar o azuleno inicial.

Movido pela curiosidade de verificar essa acção desidrogenante do selénio, lembrei-me de o aplicar sôbre um composto mais acessível, sôbre o di-ciclo-pentilo. Devia obter, pela mesma razão, uma substância bi-cíclica



com dois sistemas de duplas ligações cruzadas, que provàvelmente não seria incolor.

Preparação do di-ciclo-pentilo e ensaios para a sua desidrogenação com selénio

(Quadro I)

O di-ciclo-pentilo foi preparado, como se pode ver no quadro I, aquecendo ácido adípico (1)[1] com óxido de bário e condensando com etilato de sódio, a ciclo-pentanona (2) formada. Separada por fraccionamento a ciclo-pentilideno-ciclo-pentanona (3) do produto secundário da reacção (4), foi a dupla ligação hidrogenada com hidrogénio molecular, sob a acção da platina como catalizador (método de Willstätter). Finalmente procedi à redução da ciclo-pentil-ciclo-pentanona (5) com hidrogénio no estado nascente (método de Clemmensen). O di-ciclo-pentilo (6), assim obtido, aqueci com selénio.

Foram feitas várias experiências. Primeiro a 320° e depois a 580°. A substância em tôdas elas, atravessava um tubo de combustão vertical, contendo amianto misturado com selénio, no qual tinha sido deslocado o ar por meio duma corrente de anidrido carbónico. Para o aquecimento até à temperatura desejada, servi-me dum forno eléctrico. Não se desprendeu nenhum hidrogénio seleniado. Dos 10 g de di-ciclo-pentilo empregados na última experiência, foram recuperados 9,2 g.

A seguir indicarei ràpidamente as sínteses de três ácidos hexano-tetra-carbónicos, indispensáveis para estabelecer a constituïção da di-cetona di-cíclica, como veremos depois.

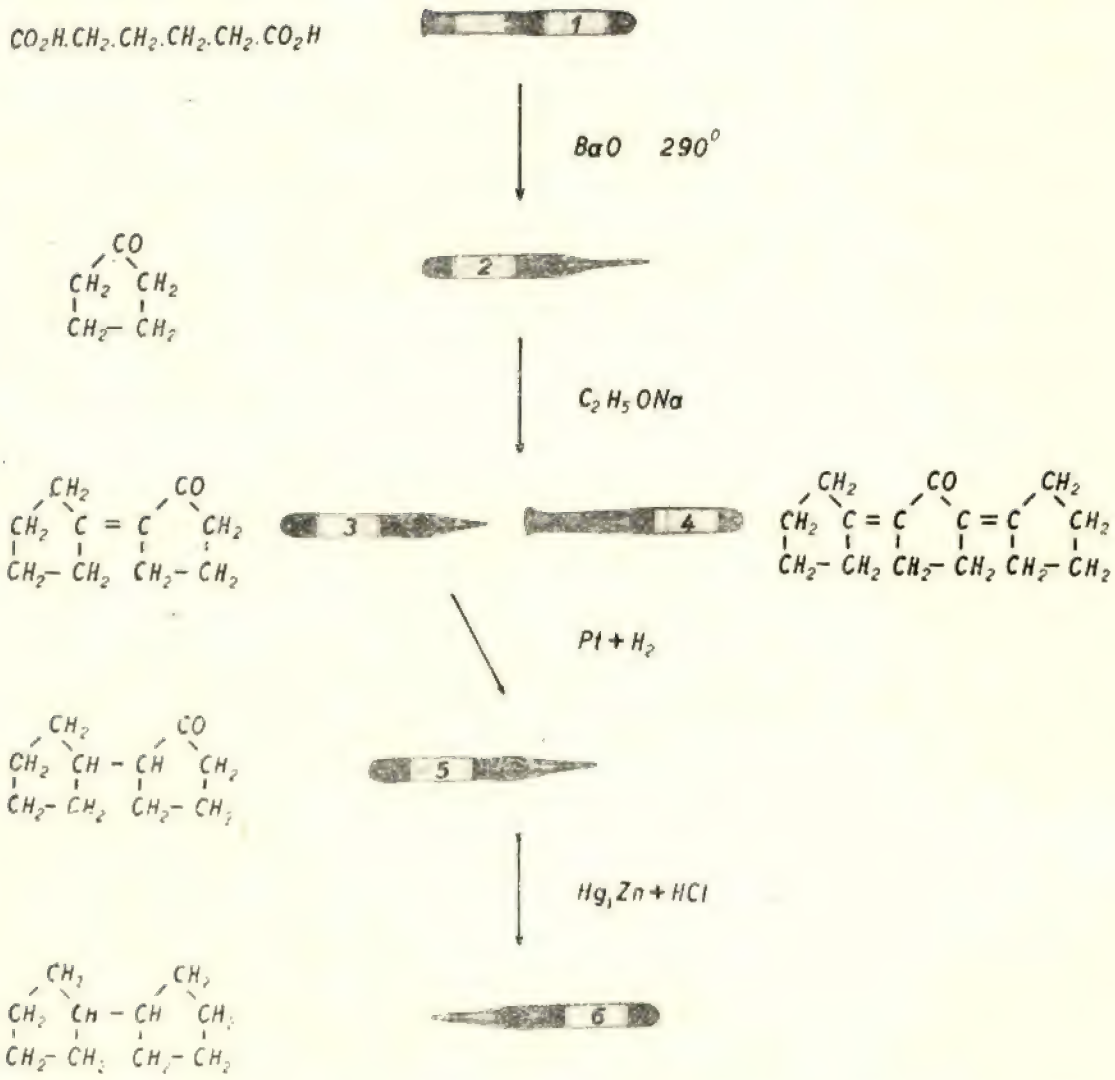
Síntese do ácido hexano-1,2,4,6-tetra-carbónico

(Quadro II)

Condensei o éster propano-tetra-carbónico (8), com β-cloro-propionato de etilo e depois com bromo-acetato de etilo. Do produto final, éster hexano-1,2,2,4,4,6-hexa-

[1] Os números entre parentesis são os dos tubos com as respectivas substâncias, encontrando-se ao lado as fórmulas correspondentes.

QUADRO I



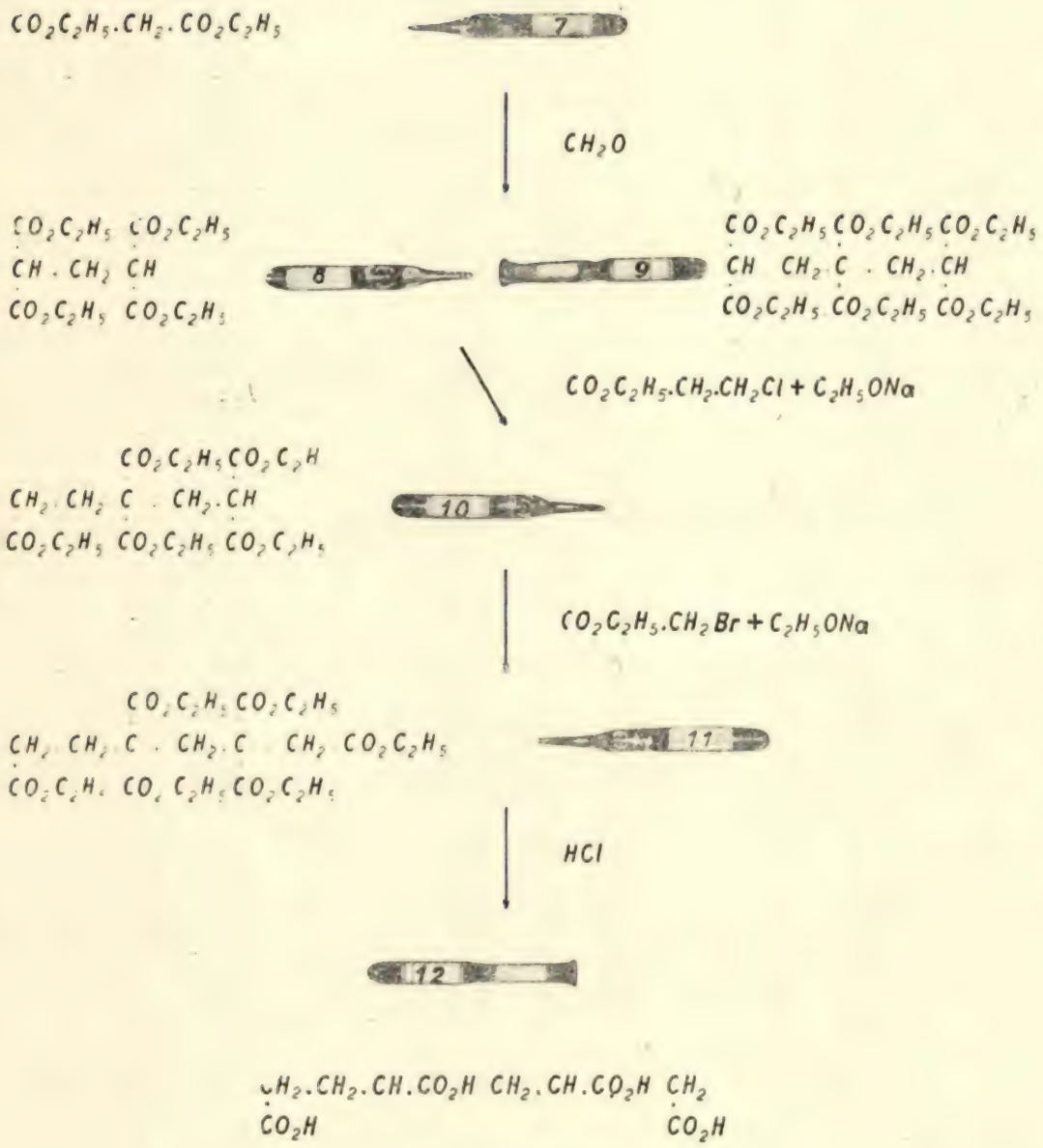
-carbónico (11) resultou por saponificação e descarboxilação parcial, o ácido hexano-1,2, 4,6-tetra-carbónico, com P. f. = 142°-149° (12). Encontrei indicado o P. f. = 205°

Síntese dos ácidos cis e trans hexano-1,3,4,6-tetra-carbónicos

(Quadro III e III-A)

A síntese dos dois ácidos hexano-1,3,4,6-tetra-carbónicos exigia um reagente, com um metileno mais activo que o do malonato de etilo (7) da síntese anterior. Foi utilizado o ciano-acetato de etilo (14). O ácido glutário (III-A 20) para a preparação do α-bro-

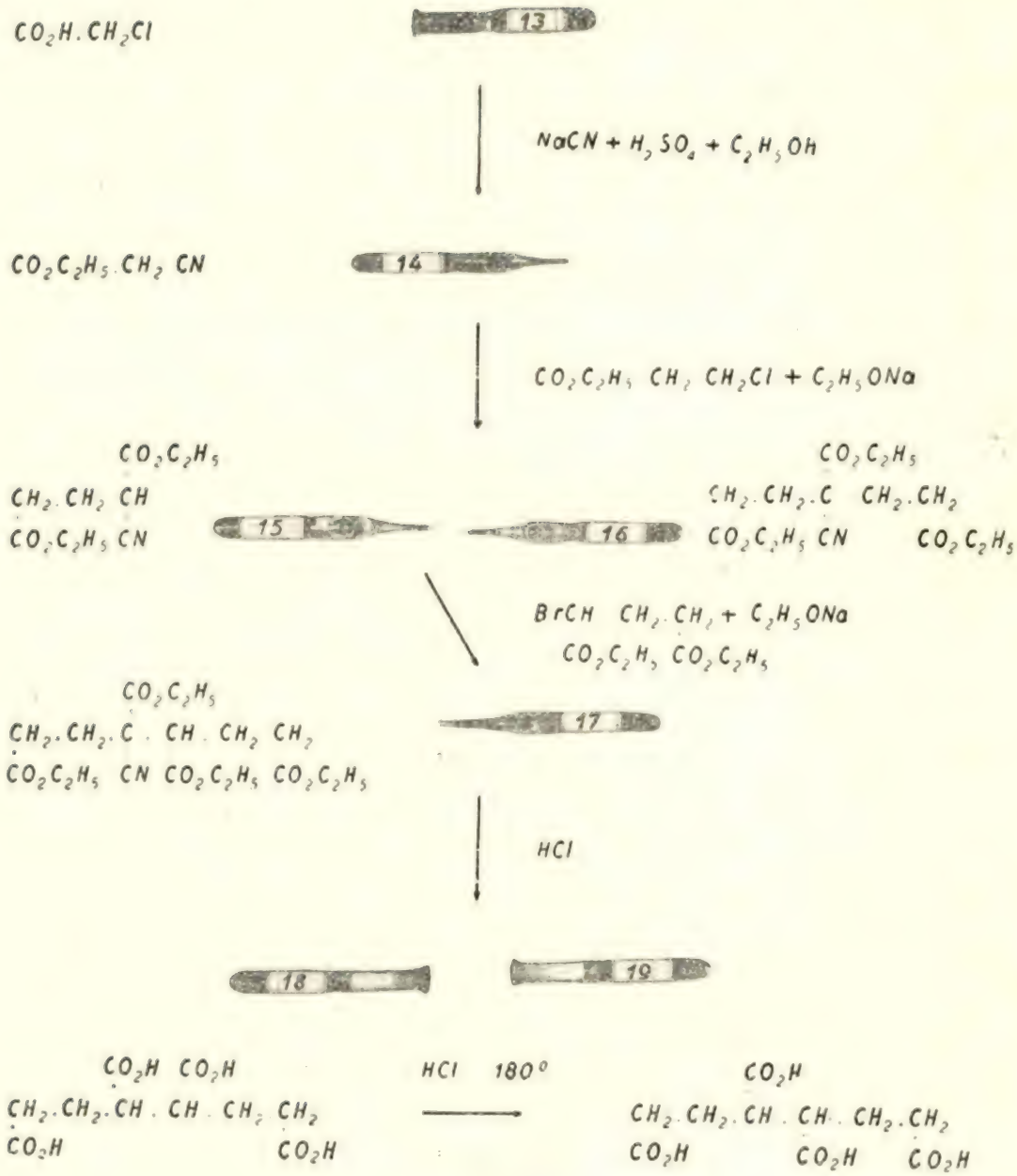
QUADRO II



mo-glutarato de etilo (III-A 21) obtive, com melhor rendimento e mais puro, saponificando a quente o éster propano-1,1,3,3-tetra-carbónico (II 8) do que oxidando com ácido azótico a ciclo-pentanona (I 2).

O ciano-acetato de etilo foi condensado com os ésteres β-cloro-propiónico e α-bromo-glutárico por dois processos. Num (Quadro III), fi-lo reagir com o éster β-cloro propiónico, para obter o éster 1-ciano-propano-1,3-di-carbónico (15) e depois com o éster α-bro-

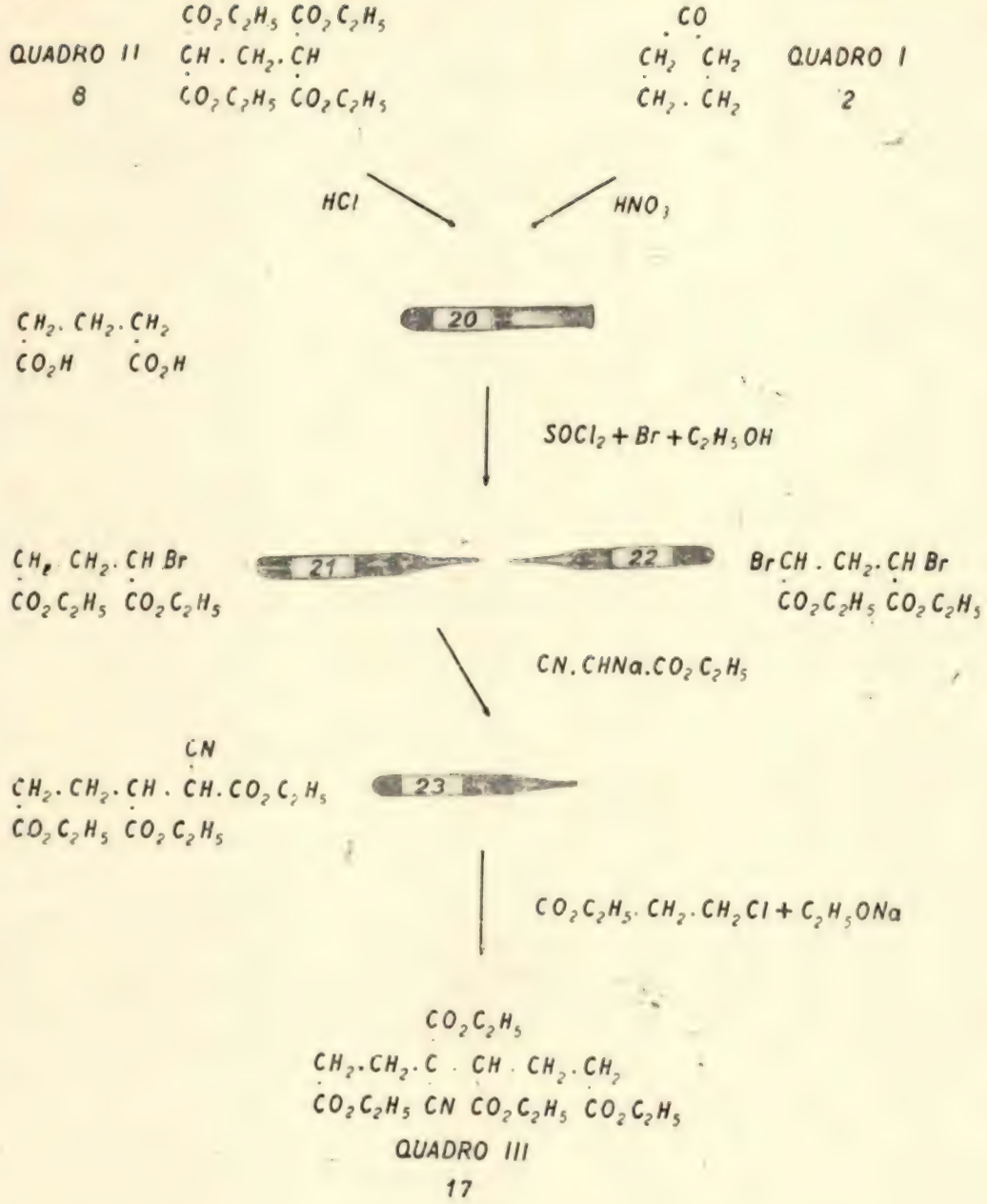
QUADRO III



mo-glutárico. No outro processo (Quadro III-A), mais vantajoso, condensei o éster ciano-acético com o éster α-bromo-glutárico e isolado o éster 1-ciano-butano-1,2,4-tri-carbónico (23), condensei-o com o β-cloro-propionato de etilo.

Pelos dois processos, cheguei à mesma substância, ao éster-3-ciano-hexano-1,3,4,6-tetra-carbónico (17). Saponificando-o a quente separei dois ácidos com P. f. = 162° e com

QUADRO III-A

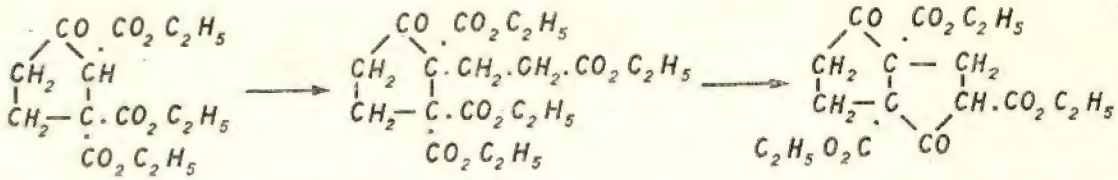


P. f. = 203°, dos quais ùnicamente o último era conhecido, mas com P. f. = 215°. Ao ácido mais fusível (18) foi atribuída a configuração cis e ao outro, de ponto de fusão mais elevado (19), a configuração trans, depois de ter passado, pelo aquecimento com ácido clorídrico em tubo fechado, do primeiro, mais solúvel em água, para o segundo, menos solúvel.

Síntese da bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona

a) *1.º Ensaio: Com o éster butano-1,2,2,4-tetra-carbónico*

Fiz reagir malonato de etilo (II 7) com β-cloro-propionato de etilo (25). O éster α-carboxi-glutárico (26), uma vez separado da mistura resultante, que continha o composto secundário (27), foi condensado com bromo-acetato de etilo. Assim preparei o éster butano--1,2,2,4-tetra-carbónico (28). Ciclisei-o com sódio finamente pulverizado e obtive o éster ciclo-pentanona-2,3,3-tri-carbónico, não conhecido:



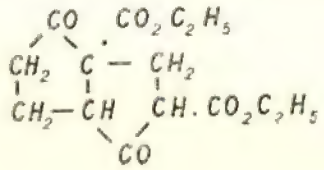
Experimentei a seguir, fazendo-o reagir com o β-cloro-propionato de etilo, preparar o éster ciclo-pentanona-2,3,3-tri-carbonico-2-β-propiónico. Não me foi possível isolar esta substância pura. Precisava dela para, por nova ciclisação, alcançar o éster bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona-1,5,7-tri-carbónico, cujo ácido descarboxilado deveria dar a dicetona bi-cíclica desejada.

Tentei contudo saponificar o éster ciclo-pentanona-2,3,3-tri-carbónico-2-β-propiónico anterior, impuro, com hidróxido de bário e aquecer a 150° o ácido formado, para separar após esterificação, o éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-3-carbónico (IV-B 37). Em seu lugar resultou, desta série de operações, o éster dum ácido hexano-tetra-carbónico, cujo aparecimento se explica pela abertura, não desejada, do anel existente. O hidróxido de bário, ao contrário do que se esperava, favorecera a cisão ácida e não a cetónica que se pretendia.

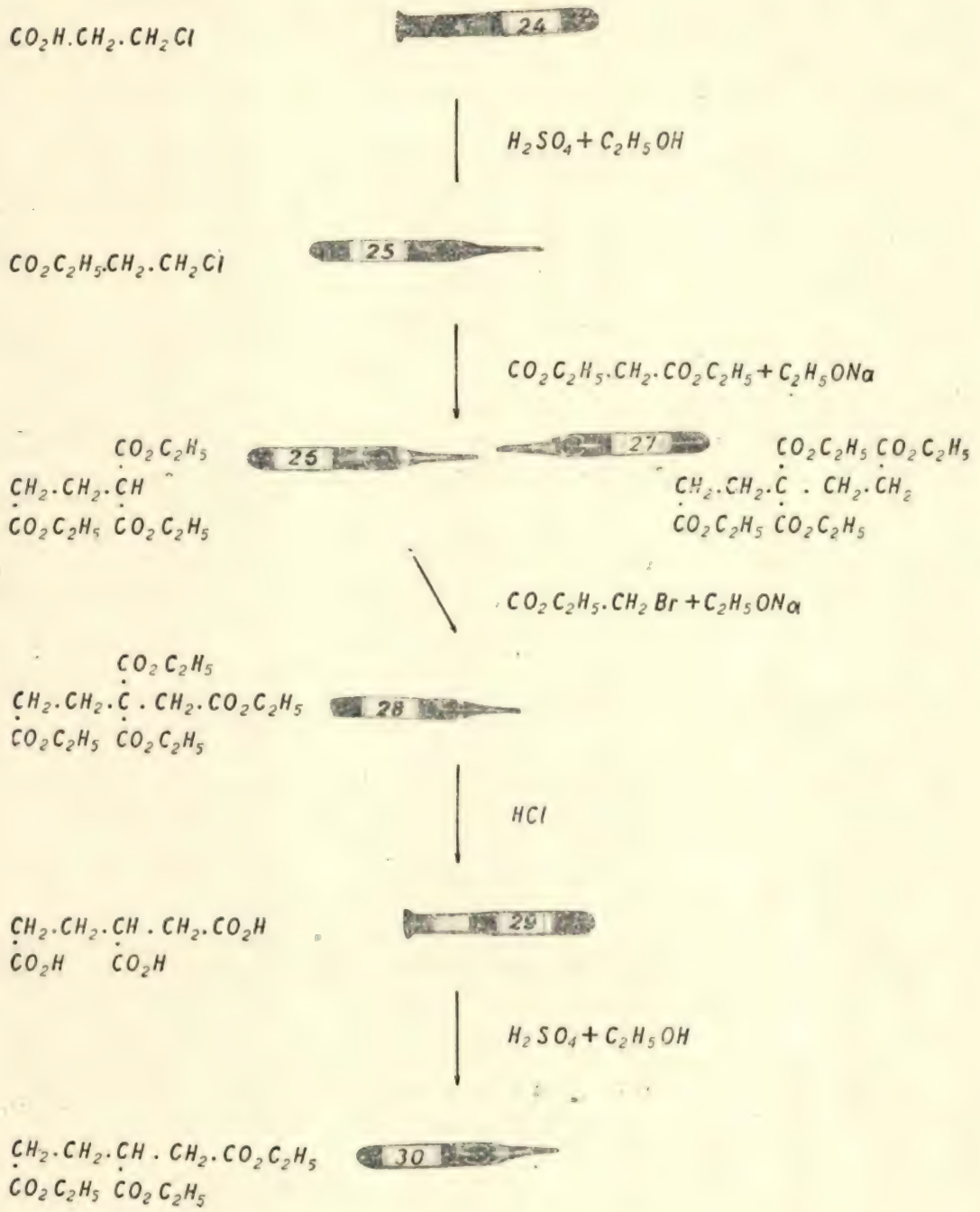
b) *2.º Ensaio: Com o éster butano-1,2,4-tri-carbónico*

(Quadro IV)

Eliminei no éster butano-1,2,2,4-tetra-carbónico (28), um dos carboxi-etilos da posição 2, que não era necessário, saponificando-o a quente e esterificando o ácido butano-1,2,4-tri-carbónico (29). Tornei a repetir a ciclisação com êste éster mais simples (30). Devia formar-se na condensação intra-molecular do éster butano-1,2,4-tri-carbónico, segundo Perkin pretendia ter provado, exclusivamente éster ciclo-pentanona-2,3-di-carbónico (IV-B 35) que era exactamente o que nos interessava. Condensei-o com o β-cloro-propionato de etilo para preparar o éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-2,3-di-carbónico (IV-B 36), não descrito nos manuais de química orgânica. O rendimento foi óptimo. Resultou porém uma mistura. Verifiquei que a cauda do destilado era constituída por um éster hexano-tetra-carbónico, proveniente sem dúvida, como no ensaio anterior, da abertura do anel. Como a presença do éster hexano-tetra-carbónico não prejudicasse as reacções seguintes, fiz outra vez actuar sódio sôbre a mistura (para cada molecula-grama de éster cíclico a quantidade teórica, um átomo-grama de sódio). Separei outro líquido, com quási o mesmo ponto de ebulição, que dava coloração com o cloreto férrico, como se fôsse o éster



QUADRO IV



que pretendia. Porém, a formula molecular, deduzida da análise duma amostra, não era a desta di-cetona. Era a do éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-2,3-di-carbónico, de que partira. O resultado não parecia brilhante. Se o obter outra substância nova em vez da que se pretende (o que acontece) é, ás vezes, indício de pouca solidez na teoria estabelecida,

isolar, em lugar dum novo composto, a substância inicial, é sempre vergonhoso para um químico orgânico.

Os meus colegas do laboratório aproveitaram esta oportunidade para me felicitarem como um químico notável, por ter conseguido a partir duma substância impura, obtê-la pura, para a análise elementar por um processo original.

Eu tinha feito o trabalho, tinha visto todo o sódio reagir normalmente e estava convencido de que a substância analisada *não era*, o éster primitivo. Mas como convencer os outros, como provar?

Tinha-se passado um ano de trabalho intenso. As reservas de éster tri-carbónico estavam esgotadas e as tentativas em domínio novo tinham falhado.

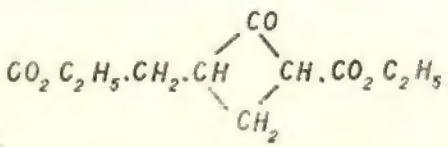
O Prof. Ruzicka propoz-me, ao iniciarem-se as férias da Páscoa, deixar esta síntese, que não ia como desejávamos e dedicar-me ao estudo da constituïção dos azulenos naturais. Não sei se a proposta foi feita para me experimentar. O que é certo, é ter respondido, estar de acôrdo, em que a síntese não seguia no sentido ambicionado, mas que não desejava mudar de rumo sem saber por que razão não avançava mais. Assumiria de futuro tôdas as responsabilidades, caso nada conseguisse.

Queria mostrar aos meus colegas e amigos suiços que não era um químico notável.

c) *Separação dos ésteres, ciclo-pentanona 2,3 e 2,4 di-carbónicos*

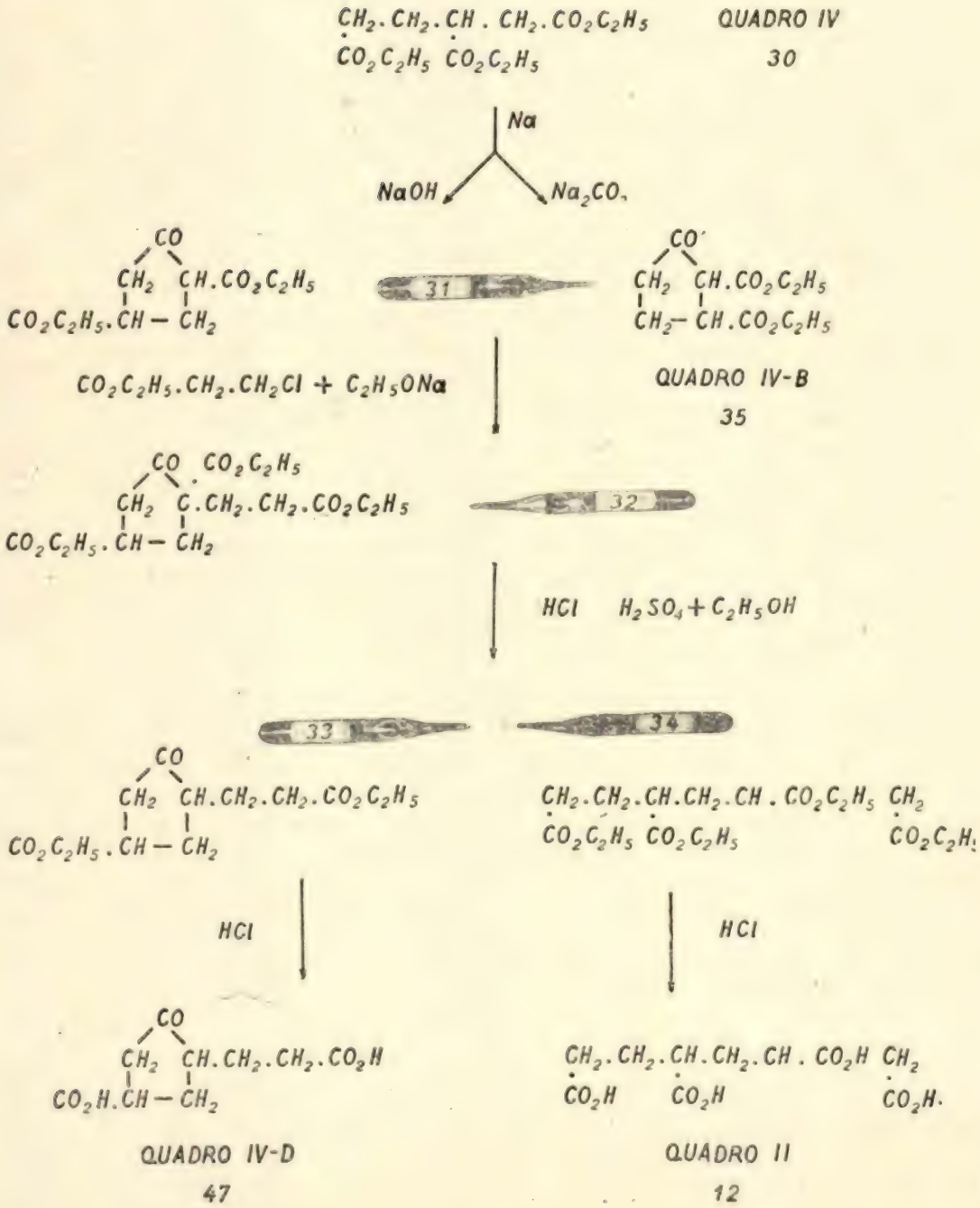
Terminadas as férias, recomecei pacientemente a preparar nova quantidade de matéria prima, trabalho bastante longo por ter de purificar o melhor possível cada uma das substâncias que ia obtendo e de repetir a mesma operação várias vezes, para, em caso de desastre, não ser forçado a voltar ao princípio.

Ao dispor de quantidades suficientes de éster butano-1,2,4-tri-carbónico, repeti a ciclisação para o transformar em éster ciclo-pentanona-2,3-di-carbónico, substância preparada e descrita por Perkin. A teoria deixava prever a formação dos dois isómeros 2,4 (IV-A 31) e 2,3 (IV-B 35), mas, como já foi dito, Perkin afirmava, que a ciclisação só se dava num sentido, formando-se exclusivamente o segundo composto. Procedi à ciclisação como Perkin indicava. Deliberei desta vez não retirar da mistura a parte ácida, resultante da saponificação parcial dos ésteres, com um soluto de carbonato de sódio. Observara da primeira vez que uma grande parte da substância se dissolvia neste soluto e não queria admitir uma saponificação em tão larga escala. Inclinava-me mais a supor, ser o éster cíclico solúvel em carbonato de sódio. Para me certificar, foi a solução benzénica, depois do tratamento com o sódio pulverizado, agitada algumas vezes com uma solução aquosa concentrada de bicarbonato, até não se turvar mais ao acidulá-la. Tendo dêste modo separado os ácidos, a seguir, com dois solutos, um de carbonato e outro de hidróxido de sódio, isolei três substâncias: Uma fàcilmente solúvel em carbonato, 80%; outra difìcilmente solúvel em carbonato, porém solúvel em hidróxido, 15% e uma terceira, quási insolúvel em hidróxido, 5%. As densidades das duas primeiras, diferiam pouco entre si, mas bastante da densidade da última. Tôdas davam com cloreto férrico, a coloração violeta, como ésteres β-cetónicos. Provei terem as duas primeiras, as fórmulas (IV-B 35) e (IV-A 31). Para a terceira, eu tinha outra fórmula de constituïção



mas, por falta de tempo, não me ocupei da sua estrutura.

QUADRO IV-A


CH2.CH2.CH.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5 CO2C2H5
QUADRO IV
30
Na
NaOH
Na2CO3
CO
CH2 CH.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
31
CO
CH2 CH.CO2C2H5
CH2— CH.CO2C2H5
CO2C2H5.CH2.CH2Cl + C2H5ONa
QUADRO IV-B
35
CO CO2C2H5
CH2 C.CH2.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
32
HCl H2SO4 + C2H5OH
33
34
CO
CH2 CH.CH2.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
CH2.CH2.CH.CH2.CH.CO2C2H5 CH2
CO2C2H5 CO2C2H5 CO2C2H5
HCl
HCl
CO
CH2 CH.CH2.CH2.CO2H
CO2H.CH — CH2
CH2.CH2.CH.CH2.CH.CO2H CH2
CO2H CO2H CO2H
QUADRO IV-D
47
QUADRO II
12

d) *Determinação da constituïção dos ésteres, ciclo-pentanona 2,4 e 2,3 di-carbónicos*

Determinei a estrutura da substância (IV-A 31), isolada com o soluto de hidróxido (Quadro IV-A), fazendo-a reagir com o β-cloro-propionato de etilo e saponificando com ácido clorídrico, a quente, o produto da reacção (mistura de 32 e 34). O ácido cetónico, consegui separar do ácido tetra-carbónico, esterificando-os e depois fraccionando, os ésteres obtidos. Consegui duas fracções: A de ponto de ebulição mais baixo (33), saponificada novamente, deu-me um ácido cetónico com P. f. = 110° (IV-D 47); a outra, um ácido que fundia entre 142 e 149° (II 12).

Procedendo exactamente do mesmo modo, com o isómero, solúvel em carbonato (Quadro IV-B), obtive com o β-cloro propionato de etilo uma mistura (36 e 38) que deu, após saponificação, esterificação e fraccionamento, também duas fracções (37) e (38). Da primeira, resultou o ácido cetónico com P. f. = 120° (IV-C 43); da segunda, resultaram dois ácidos tetra-carbónicos, P. f. = 162° (III 18) e P. f. = 203° (III 19). Tinha agora a certeza de que da ciclisação do éster butano tri-carbónico separara pelo menos duas substâncias diversas.

Dos cinco ácidos isolados, eram apenas conhecidos dois e mesmo êsses, com outros pontos de fusão. O hexano-1,2,4,6-tetra-carbónico, com P. f. = 205° e o hexano-1,3,4,6--tetra-carbónico, com P. f. = 215°. Para afastar qualquer dúvida, resolveu-se sintetizar estes ácidos, pelos processos anteriormente apresentados. Os pontos de fusão dos ácidos sintetizados concordaram plenamente com os anteriores.

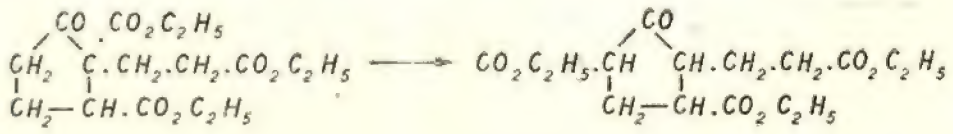
e) *3.° Ensaio: Sintese do éster bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona-3,7-di--carbónico*

Depois das determinações mencionadas tornou-se inútil, como veremos, repetir a separação dos isómeros formados na ciclisação do éster butano-1,2,4-tri-carbónico (IV 30). Condensei tôda a mistura com o β-cloro-propionato de etilo. Sabia que ia obter pelo menos cinco ésteres e não um como ao princípio imaginara: Os dois ésteres dos ácidos ciclo--pentanona-2-β-propiónicos 2,4 e 2,3 di-carbónicos (IV-A 32) e (IV-B 36) e os três, dos ácidos hexano-tetra-carbónicos, (IV-A 34), (IV-C 39) e (IV-C 40).

Tinha de novo alcançado o ponto em que na tentativa anterior fôra forçado a parar.

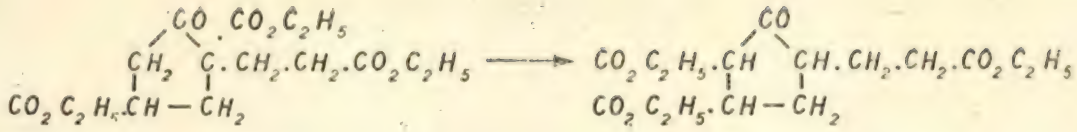
Entretanto elaborara uma teoria que era a seguinte: Admitia que os compostos (IV-A 32) e (IV-B 36) existentes na mistura *reagiam* com o sódio (um atomo-grama para cada molecula-grama de substância, considerada como éster cetónico cíclico), transformando-se em novos isómeros. Na isomerização, o carboxi-etilo da posição 2 passava para a posição 5 por se abrir o anel existente, que se fechava outra vez com uma configuração diferente, devido à reacção do carboxi-etilo 2 sôbre o metileno 5. Os ésteres tetra-carbónicos surgiam como produtos intermédios.

Dêste modo, o éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-2,3-di-carbónico, transformava-se no éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-3,5-di-carbónico:



IV-B 36 IV-C 41

e dum modo análogo, o éster 2,4 no isómero 4,5:



IV-A 32 IV-D 46

Se a minha teoria estivesse certa, os dois isómeros que se formavam deviam não só dar coloração com o percloreto de ferro, mas também dissolver-se, por terem um radical CH entre dois carbonilos, num soluto de hidróxido de sódio, o que permitiria isolá-los. Também a teoria deixava prever, o que era muito mais importante, com mais sódio, a formação do segundo anel.

A parte prática confirmou plenamente esta nova teoria.

Tratando a mistura, 40 g de P. e. = 153-158°/0,15 com a quantidade teórica de sódio (um átomo-grama), separei, por meio dum soluto diluido de hidróxido de sódio, 17,5 g dum líquido, P. e. = 156-162°/0,12 (IV-C 41 e IV-D 46), que dava coloração com o cloreto férrico. Não podia ser nenhum dos componentes da mistura inicial, apesar de ter quási o mesmo ponto de ebulição, porque esta nem dava a coloroção indicada nem era solúvel em hidróxido. Julgo curioso acrescentar que pouco solúvel em hidróxido, ficava um resíduo, 0,9 g de éster, que também apresentava a coloração com o sal férrico.

Tendo empregado a seguir, na mesma reacção, o dôbro de sódio (dois átomo-gramas para cada molécul-agrama), depois de separada a parte ácida com bicarbonato, isolei, com carbonato de sódio, o éster bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona-3,7-di-carbónico, sólido e cristalino (IV-C 42), que a minha teoria previra!

O rendimento não foi além de 37 %, mesmo empregando mais sódio, porque dificilmente solúvel em hidróxido, ficavam 18 % de éster. Era o éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-4,5-di-carbónico que devido à sua estrutura, não ciclisava segunda vez (IV-D 46). Por saponificação a quente dêste éster, obtive, como esperava, o ácido com P. f. = 110°, o ácido ciclo-pentanona-2-β-propiónico-4-carbónico (IV-D 47).

Os outros dois componentes da mistura inicial, os ésteres hexano-1,3,4,6-tetra-carbónicos também deviam, em face da teoria, como produtos intermédios na reacção, transformar-se no éster bi-ciclo cristalino (IV-C 42). Para o provar (Quadro IV-C), ciclisei o éster do ácido sintetizado, com P. f. = 203°, o éster trans-hexano-1,3,4,6-tetra-carbónico (40). Na mono-ciclisação (com 1 Na), formou-se igualmente um éster solúvel em hidróxido de sódio (41), derivado do ácido com P. f. = 120° (43). Da di-ciclisação (com 2 Na) resultou o composto cristalino previsto (42).

Ficaram assim também confirmadas as estruturas dos dois ácidos ciclo-pentanona 2-β-propiónicos 4 e 3 di-carbónicos com pontos de fusão 110° e 120°.

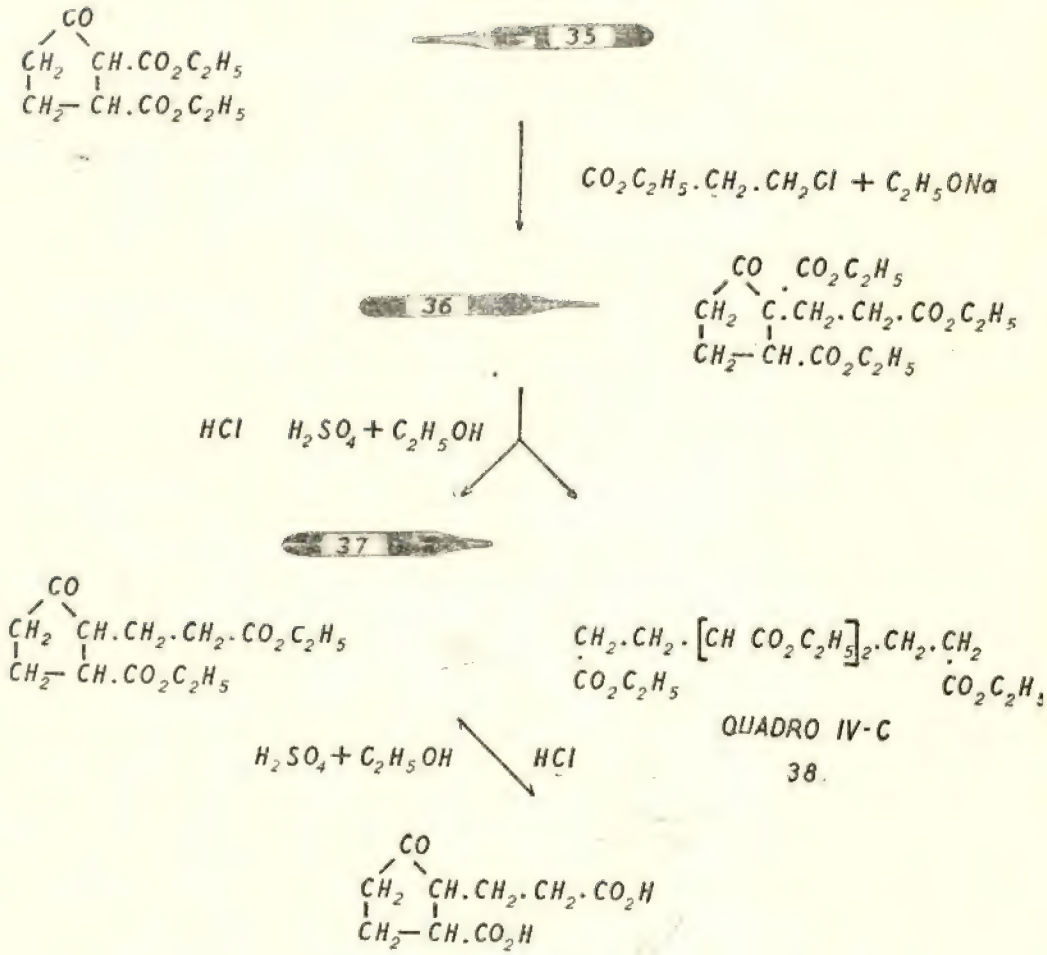
Esclarecida a reacção anormal, que p recia conduzir à substância de que partira, tinha de novo diante de mim, campo livre!

f) *Saponificação do éster bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona-3,7-di-carbónico*

(Quadro IV-C)

Teòricamente bastaria saponificar a quente o éster cristalino, di-carbónico e di-cíclico (42) para chegar emfim à di-cetona (45). Na prática foram necessárias várias tentativas. A saponificação com hidróxido de potássio levou-me de novo ao ácido de P. f. = 120° (43). Pelo aquecimento com um soluto de carbonato de sódio a descarboxilação foi parcial, formando-se o éster mono-carbónico di-cíclico (44). Unicamente com ácido clorídrico é que

QUADRO IV-B



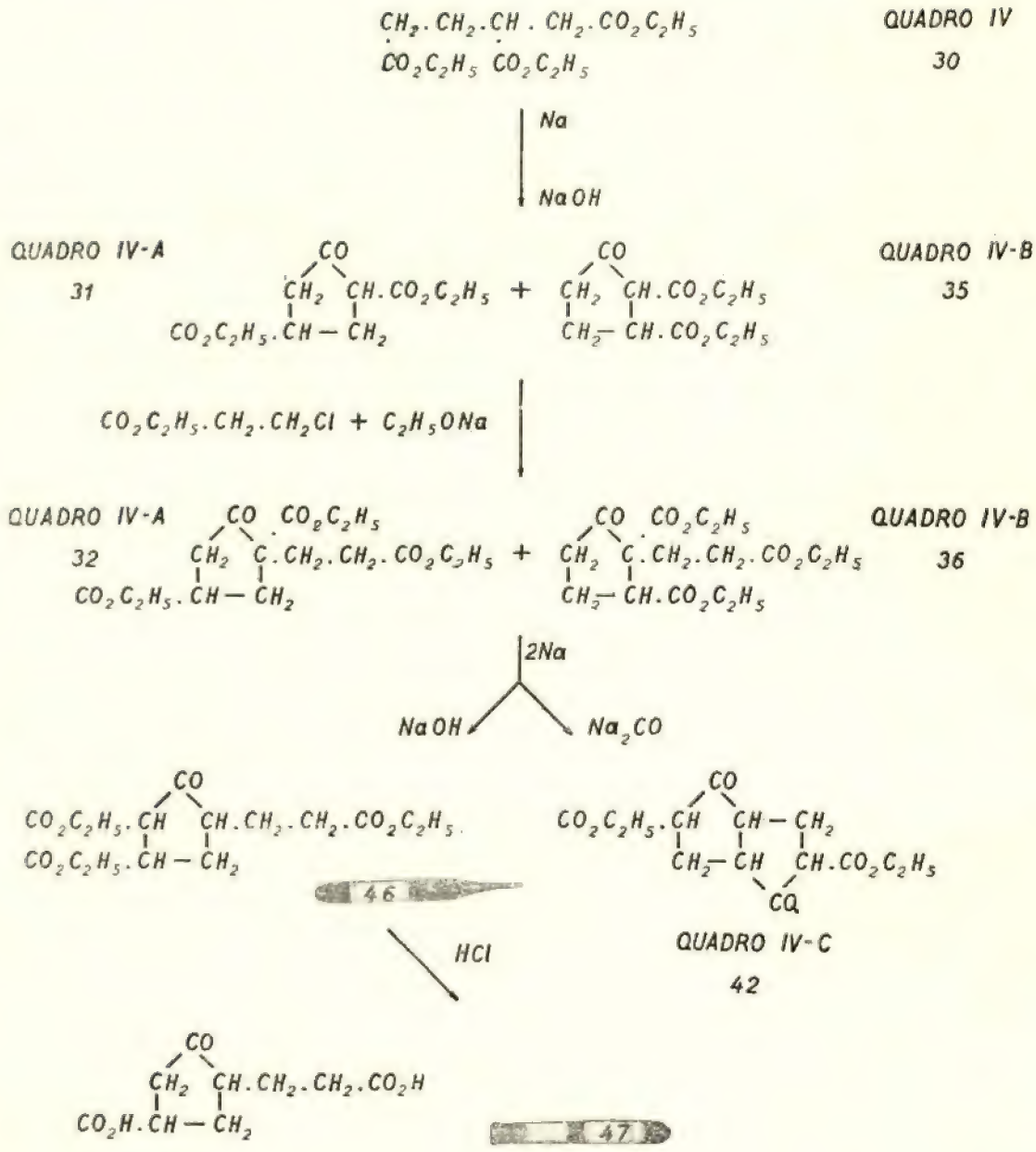
cheguei à di-cetona e aperfeiçoando a técnica usada, elevei o rendimento de 15 % a 86 %, o que nesta altura era importante. Êste rendimento máximo, alcancei-o agitando a frio, o éster di-carbónico com ácido clorídrico concentrado, ininterruptamente (dia e noite) durante uma semana, até não se libertar mais anídrido carbónico. Lembrei-me de experimentar êste método, ao observar que uma pequena amostra de éster que ficara num tubo de ensaio com ácido clorídrico, se dissolvia ao fim de três semanas.

No dia em que a análise me provou, ter preparado a bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona, foi tão grande o meu entusiasmo, que resolvi, eu que nunca faltara, fazer um feriado. Ao comunicar a minha deliberação ao Prof. Ruzicka, respondeu-me a sorrir: Assim fazem os meridionais. Ao notar talvez o meu espanto, acrescentou em voz mais baixa: E nós também.

QUADRO IV-C

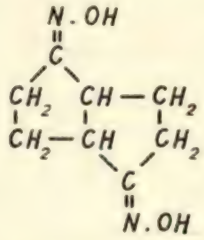
38
HCl
QUADRO III
18
19
39
40
$H_2SO_4 + C_2H_5OH$
2Na
Na
41
42
NaOH
HCl
43
44
Na_2CO_3
45

QUADRO IV-D

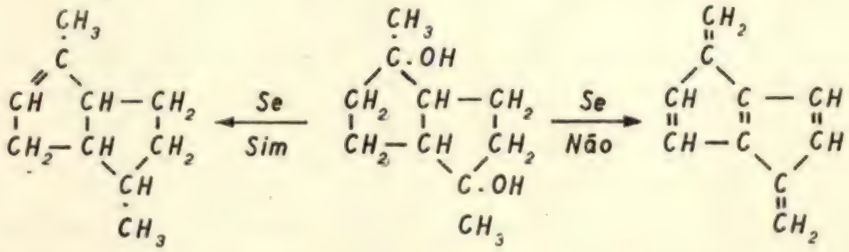

CH2.CH2.CH.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5 CO2C2H5
QUADRO IV
30
Na
NaOH
QUADRO IV-A
31
CO
CH2 CH.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
+
CO
CH2 CH.CO2C2H5
CH2— CH.CO2C2H5
QUADRO IV-B
35
CO2C2H5.CH2.CH2Cl + C2H5ONa
QUADRO IV-A
32
CO CO2C2H5
CH2 C.CH2.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
+
CO CO2C2H5
CH2 C.CH2.CH2.CO2C2H5
CH2— CH.CO2C2H5
QUADRO IV-B
36
2Na
NaOH
Na2CO
CO
CO2C2H5.CH CH.CH2.CH2.CO2C2H5
CO2C2H5.CH — CH2
46
CO
CO2C2H5.CH CH — CH2
CH2— CH CH.CO2C2H5
CO
QUADRO IV-C
42
HCl
CO
CH2 CH.CH2.CH2.CO2H
CO2H.CH — CH2
47

Derivados da bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona

Dentre os vários derivados preparados, destacarei a dióxima



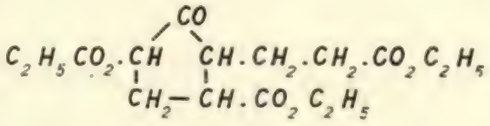
de que se formaram belos cristais e o bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-di-metil-2,6-diol



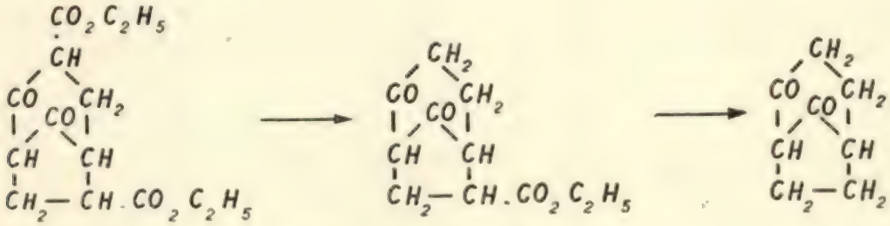
que foi aquecido com selénio em tubo fechado (7 horas a 280° e mais 10 horas e meia a 350°), na esperança de o transformar em azuleno. Sòmente notei, ao abrir o tubo, ligeiro cheiro a hidrogénio seleniado. Houve contudo uma transformação: Formou-se o que não era de prever, um hidrocarboneto com uma única dupla ligação, provàvelmente o bi-ciclo-3,0,3--di-metil-2,6-octeno-2,3.

Discussão da fórmula da di-cetona bi-cíclica

Concluído o meu trabalho no laboratório, apresentei-o ao Prof. Ruzicka. No final da minha exposição, ousei preguntar-lhe se devíamos considerar a fórmula anterior, atribuída à di-cetona bi-cíclica, como definitivamente assente, pois era possível, deduzir do éster ciclo-pentanona-2-β-propiónico-3,5-di-carbónico,



uma outra fórmula



que explicava melhor as seguintes anomalias observadas:

1.º — O éster bi-ciclo-octano-diona-di-carbónico (IV-C 42), na titulação, comportava-se como um mono-ácido.

2.º — Não onseguira passar do éster do ácido de P. f. = 120º (43) para o éster bi-ciclico mono-carbónico (44).

3.º — Na acção do selénio sôbre o di-metil-diol, formara-se um hidrocarboneto com uma única dupla ligação.

4.º — Ao reduzir catalìticamente a dicetona com óxido de platina, em meio acético, obtivera um monol, um mono-acetato e um diol-mono-acetato.

Contra a fórmula que propunha, surgiram os seguintes argumentos:

1.º — A di-cetona bi-cíclica (45), não dava coloração com o cloreto férrico.

2.º — Era difícil aceitar-se a eliminação dos dois carboxi-etilos do éster bi-cíclico di-carbónico (IV-C 42), na formação da di-cetona (45), sem terem ambos um carbonilo em posição β.

Em todo o caso, o primitivo título da minha dissertação: «Síntese da bi-ciclo-3,0,3-octano-2,6-diona», foi substituído por outro mais vago: «Sôbre a síntese duma bi-ciclo--octano-diona».

A fórmula por mim apresentada, teve, o que era de esperar, curta existência. Pouco tempo depois, foi preparado um derivado di-benzilidénico. A minha fórmula, só admitia a existência dum derivado mono-benzilidénico, por só ter um metileno activo, adjacente a um carbonilo.

Terminado o doutoramento, fui convidado pelo Prof. Ruzicka, para continuar a trabalhar ao seu lado, como assistente. Quis dêste modo mostrar ter ficado satisfeito com a minha colaboração.

Em 1939 foi conferido ao Prof. Ruzicka, o prémio Nobel de Química, principalmente, pelas suas investigações sôbre a estrutura dos sesqui-terpenos, pelas sínteses de anéis com elevado número de átomos de carbono e pela síntese duma hormona sexual, da androsterona, a partir da colesterina.

ERRATA

Um processo expedito de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de esgôto

	Onde está	Deve ser
Pág. 700 — 4.º, 5.º e 7.º exemplos ..	Caudal da água das chuvas	Caudal da água das chuvas + doméstico
Pág. 694	fórmula de Crips	fórmula de Crimp e Bruges

A UTILIZAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

PELO ENG. CIVIL (I. S. T.) MIGUEL COELHO NUNES

Pode dizer-se que, desde o início do seu curso, se procura sistemàticamente incutir no espírito do engenheiro de qualquer especialidade a noção de «economia» preconizando-lhe a utilização racional das diversas propriedades dos materiais por forma a delas conseguir o melhor partido; levando-o a usar dispositivos com os quais se procura atingir rendimentos tão elevados quanto possível, etc.

Tem portanto a missão de engenheiro, em qualquer época, uma finalidade marcadamente utilitária, de inegável importância, importância esta que atinge excepcional acüidade no momento presente em que a ordem é «Produzir e poupar» e diremos mais «Recuperar».

No cumprimento dêstes preceitos, em que todos devem intervir na medida das suas possibilidades, está, como é natural, reservado aos técnicos das diversas especialidades, actuando isoladamente ou em conjunto, um papel de alto relêvo, procurando melhorar o aproveitamento dos produtos nacionais já em exploração ou susceptíveis de vir a ser explorados; investigando e apresentando sugestões sôbre novas fontes de matérias primas, etc.

Dentro da ordem de ideias acima expostas julgamos ser assunto digno de ponderação e estudo o do «*aproveitamento das águas residuais dos nossos aglomerados populacionais*», assunto êste, que entre nós e até à data, segundo cremos, só em reduzida escala tem sido encarado debaixo do ponto de vista utilitário.

Nas breves considerações que se seguem, focaremos o problema principalmente com vista aos nossos grandes aglomerados populacionais, e essas considerações como é natural em artigo desta natureza e assunto de tal magnitude serão ligeiras e incompletas limitando-nos a apresentar alguns factos e sugestões, e bem assim uma nota dos elementos, que a nosso ver, deveriam começar a ser imediatamente colhidos e coordenados por entidades competentes, com vista à possível resolução de tão importante como momentoso problema.

Desde tempos imemoriais tem constituído preocupação dominante a eliminação tão rápida quanto possível dos produtos residuais dos centros populosos, e com tal fim se dispenderam nalgumas épocas grandes somas e se efectuaram importantes trabalhos; essa eliminação era porém feita sem base científica, lançando-se no acaso das águas residuais, estas, sem qualquer espécie de tratamento prévio ou precaução em cursos de água, terrenos permeáveis, etc., onde tinham lugar os fenómenos físicos químicos e biológicos que constituem a depuração natural ou autodepuração; nem sempre porém a capacidade autodepuradora dos cursos de água, terrenos, etc., era compatível com os volumes ali lançados e desta forma tinham lugar incómodos, prejuízos, reclamações, etc., donde resultou ao procurar remediar-se tal estado de coisas ter-se atingido um elevado grau de aperfeiçoamento, creando-se por assim dizer uma verdadeira ciência de depuração.

Não temos evidentemente a pretensão de descrever os vários processos de depuração, tratados com todo o detalhe em numerosas obras da especialidade, mas tão sòmente fazer notar as tendências que se verificam nos tempos presentes de simultâneamente com o aspecto higiénico da questão se estar considerando o seu lado económico pelo aproveitamento das águas residuais ou das lamas dessecadas, principalmente com fins agrícolas.

Considerando o caso mais corrente das rêdes de esgotos de «sistema unitário» isto é, aquelas em que os produtos dos esgotos caseiros, das ruas, das águas pluviais, etc., são lançados nos mesmos colectores, é evidente que as águas residuais apresentarão uma composição muito variável, determinada pelas condições de local, estação e hora, pelo que difícil se torna dar cifras médias.

No gráfico junto (Fig. 1), se traduz as leis da variação horária de caudal e da percentagem de matérias em suspensão verificadas por Ihmoff para determinada localidade, em tempo sêco, mais se acentuando certamente as variações cons-

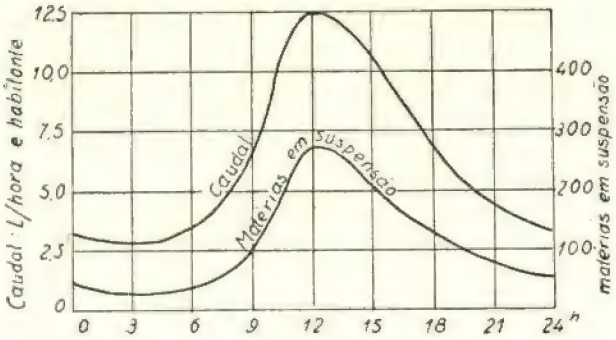


Fig. 1

tatadas para o caso de existirem precipitações atmosféricas.

Daqui se conclui a variabilidade de tais elementos, e a necessidade de se proceder a uma colheita de resultados de observação tão completa e detalhada quanto possível, se se pretender uma razoável margem de aproximação, em qualquer estudo a efectuar ulteriormente.

Baseando-se em numerosas observações, apresenta a Enciclopédia Química e Industrial de Ullmann, os seguintes resultados:

A quantidade de matérias em suspensão nas águas residuais dos centros populosos varia de 0,08 a 1,5 gr por litro e a das matérias em solução de 0,3 a 2,0 gr por litro variando cada matéria, como consta dos resultados do

QUADRO I

Nitrogénio	de 0,04	a 0,30	gr/litro
Ácido fosfórico . .	0,01	0,07	
Potassa.	0,03	0,20	
Cloro.	0,07	0,80	
Cal.	0,05	0,50	
Magnésia.	0,02	0,06	
Ácido sulfúrico . .	0,04	0,30	

Se considerarmos o caso das nossas cidades, tomando por exemplo Lisboa, e fizermos uma rápida estimativa, admitindo, segundo os trabalhos do Eng.º Dr. Prüss, que com um consumo diário de 100 a 150 litros de água por habitante, e lançando as águas residuais de 100 pessoas sôbre uma superfície de terreno de um hectare se obteria uma elevação de nível das águas atmosféricas precipitadas, de 200 mm anualmente, que viria beneficiar grandemente as possibilidades de irrigação numa zona de chuvas deficitárias e mal distribuídas, fornecendo-se ainda ao terreno, em média, 360 quilogramas de nitrogénio, 90 de fósforo, e 270 de potassa, que diminuiria senão tornaria desnecessário o uso de adubos, ficaremos verdadeiramente perplexos do enorme valor de substâncias fertilizantes que são lançadas no Tejo em pura perda; mais nos convenceremos do incalculável valor desperdiçado se nos capacitarmos que o azoto, elemento fertilizante das terras por excelência, é dos elementos mais caros do mercado; que o azoto de origem orgânica é, segundo vários experimentadores, debaixo do ponto de vista agrícola, muito superior ao de origem mineral; que o azoto químico se obtém entre nós a partir de nitratos de origem estrangeira, portanto produtos de importação; se verificarmos que as águas residuais depositam nas terras além de matérias em finíssimo estado de divisão e substâncias coloidais, matéria orgânica sólida de efeitos húmicos notáveis que constituem uma fertilização de reserva eficaz; se finalmente considerarmos que na periferia da cidade não muito longe de alguns dos principais colectores existem áreas de terrenos irrigáveis, (possìvelmente o colector do Vale de Alcântara e os terrenos de Monsanto), outrotanto devendo acontecer para várias cidades e vilas em especial as do centro e Sul do País, localizadas em zonas de chuvas deficitárias, mal distribuídas e rodeadas de grandes áreas de terrenos fàcilmente irrigáveis, teremos forçosamente de convir que o assunto é importante, oportuno e portanto digno de ser considerado.

De resto, em vários países, o assunto já passou além do campo experimental tendo entrado nos domínios da prática, assim: em Leipzig distribuíram-se de 60.000 a 80.000 metros cúbicos de águas residuais sôbre uma área de 20.000 hectares, dos quais uma décima parte é constantemente regada; em Hamburgo está possìvelmente construída uma instalação destinada a conduzir as águas residuais até uma distância de 45 quilómetros da periferia da cidade; nos arredores de Danzig, foi possível regar, com excelentes

resultados, areais inteiramente estéreis; actualmente na Alemanha devem ser aproveitadas pelo menos as águas residuais de 7 milhões de pessoas, supondo o Eng.º Dr. Prüss [1], ser tècnicamente exeqüível pôr à disposição da agricultura as águas residuais de outros 20 milhões de habitantes.

Num «film» cultural muito recentemente apresentado em Lisboa, tivemos ocasião de verificar entre outros, um exemplo de aproveitamento das águas residuais, na região do Ruhr, na colmatagem de terrenos apaüladas, fazendo-se o lançamento das referidas águas nos terrenos, por bombagem.

É natural que na maioria dos países o assunto tenha também já sido convenientemente estudado e parcialmente resolvido, em especial nos Estados Unidos da América do Norte, que, segundo supomos lhe tem prestado boa atenção, especialmente na utilização das lamas provenientes das estações de tratamento de esgotos; assim as estações de Milwaukee e Des Plaines, produzem lamas sêcas e transformadas em adubo, que têm grande procura por parte dos agricultores sob a designação comercial de Millorganite.

Como anteriormente dissemos, o assunto é vasto e complexo, já pelo elevado custo inicial que ocasiona o aproveitamento das águas residuais em agricultura, já pela diversidade de elementos que se torna necessário colhêr e coordenar para instruir com razoáveis garantias de êxito debaixo do ponto de vista técnico e económico, projectos desta natureza.

Considerando a parte respeitante ao custo de tais obras, êle é na verdade e em regra bastante elevado; supomos porém que com o auxílio do Estado e Municípios que poderiam destinar a êste fim as verbas consignadas à depuração técnica das águas, resultaria um preço aceitável para a agricultura.

Na parte respeitante aos estudos preliminares e definitivos teriam forçosamente de intervir em estreita colaboração técnicos das mais diversas especialidades (analistas, engenheiros cívis, mecânicos, sanitaristas, agrónomos etc.).

Do acima exposto se conclui portanto que tais trabalhos não tem possibilidade de execução por entidades particulares; só Entidades Oficiais terão as disponibilidades e capacidade suficientes para enfrentar tal problema, problema êste que a nosso ver mais tarde ou mais cêdo virá entre nós a ser considerado em larga escala, e, na previsão de tal facto supomos que se procederia avisadamente iniciando desde já a colheita e coordenação metódicas e sistemáticas de vários elementos, elementos estes que mais tarde seriam considerados de grande valia, e facilitariam notàvelmente a tarefa de quem viesse a ter a seu cargo estudos e trabalhos desta natureza.

Dentre os elementos que se nos afiguram mais característicos e de aplicação imediata, destacaremos:

A) Organização duma lista englobando as povoações que apresentassem melhores possibilidades de aproveitamento das águas residuais.

B) Subdivisão da lista designada na alínea *A*) em:

a) povoações com rêde de esgotos. . . . . 1) com tratamento; 2) sem tratamento; 3) em modificação

b) povoações sem rêde de esgotos. . . . . 1) mas com projecto em elaboração; 2) nem projecto em elaboração

C) Observações e registos de:

a) áreas de terrenos de periferia das povoações onde seria possível a prática de irrigações (épandage) com águas residuais, topografia, cadastro e geologia dos referidos terrenos.

b) determinação dos caudais de esgôto em diversas estações, dias e horas; determinação da composição das águas residuais para os diferentes caudais; traçagem dos gráficos indicados na Fig. 1.

c) natureza dos terrenos debaixo do ponto de vista agrológico; culturas a tentar nos mesmos; experiências comparativas das diversas culturas a ensaiar usando águas residuais, lamas dissecadas ou os métodos correntes.

[1] Conferência realizada em 1937, na Casa Técnica de Essen.

d) determinação das quantidades mais convenientes a usar por hectare de terreno e cultura, e ainda o momento de aplicação mais favorável.

e) conclusões e determinação das razões de preferência da irrigação com águas residuais (épandage) sôbre o emprêgo das lamas dissecadas.

f) determinação do nível das águas freáticas dos terrenos a irrigar; possibilidades e perigos de inquinação das referidas águas.

g) no caso de preferência do uso das águas residuais determinação dos métodos mais convenientes de irrigação, por canais de rega ou tubagem em pressão e mangueiras.

h) determinação dos tipos e material de tubagem mais adequados sob o ponto de vista de duração e preço.

i) no caso *B*) *a*) 2) possibilidade de derivação, directamente dos colectores, após ligeira depuração, por bombagem ou qualquer outro processo, das águas residuais, e inconvenientes que resultariam para o funcionamento da rêde, a jusante da derivação.

j) possibilidade de obter energia barata para bombagens, etc., pelo emprêgo de aeromotores, gases de fermentação das lamas, energia hidráulica de qualquer curso de água próximo, etc.

k) nos casos *B*) *a*) 3) e *B*) *b*) 1) possibilidade de orientação dos estudos com o fim de aproveitamento das águas residuais.

l) estimativas do custo aproximado das obras; valorização dos terrenos, etc.

Eis duma maneira geral e resumidamente, uma relação de elementos que supomos servir de ponto de partida nesta questão; desejamos porém antes de finalizar o presente artigo, esclarecer convenientemente os seus leitores por forma a evitar erradas interpretações dos fins em vista, assim:

Não pretendemos que estes elementos resolvam totalmente o problema; cada caso por si constituirá certamente um caso de espécie, exigindo estudo conscencioso e aturado das respectivas condições locais; também os factos se não deverão considerar com a simplicidade que se poderia inferir do anterior arrazoado, pois nem todos os terrenos se prestam à prática da irrigação pelas águas residuais, já pela sua natureza, já pelas condições climáticas, já ainda por numerosos outros factores entre os quais avulta a maior dificuldade que apresentam os produtos de esgôto frescos em ceder as suas substâncias nutritivas às plantas e os inconvenientes da sua putrefacção, donde poderá resultar que, em regiões de chuvas abundantes e bem distribuídas onde se não exijam regas intensas, se deva dar preferência não ao adubo da parte líquida mas às matérias nela contidas em suspensão, as quais se convertem em lamas ao separá-las do líquido, por sedimentação, em depósitos especiais.

Resumindo, diremos que o que se pretende com o presente artigo, é quando muito chamar a atenção dos técnicos, em especial daqueles que no desempenho das suas funções profissionais tenham oportunidade e possibilidades de poder coligir elementos, e ainda orientar os trabalhos de que sejam encarregados, de acôrdo com as condições locais e tendo em mente a recuperação para a economia do País de elementos de que êle tem instante necessidade, os quais actualmente, e na maioria dos casos, apenas são considerados como desperdícios molestos e como tal eliminados sem atenção pelo seu real valor.

Muito embora nos pareça que o interêsse do aproveitamento das águas residuais com fins agrícolas, sobreleve qualquer outro, não desejaríamos deixar de fazer referência a outros aspectos da questão como seja o aproveitamento dos gases que se libertam durante a fermentação das lamas, e a recuperação das gorduras que são eliminadas com as águas residuais.

No primeiro caso apontado, verifica-se que durante a fermentação das lamas em câmaras apropriadas se libertam grandes quantidades de um gás semelhante ao gás dos pântanos (cêrca de 28 l/dia/habitante, segundo Ihmoff), composto nas suas três quartas partes por metana, cuja potência calorífera é de 6.400 cal. por metro

cúbico, superior em cêrca de 50 % ao gás urbano normal; as aplicações dêste gás são numerosíssimas: assim, pode ser utilizado no aquecimento das próprias câmaras de fermentação, em accionar as máquinas motrizes da central depuradora, na iluminação e aquecimento domésticos, podendo depois de convenientemente depurado ser fornecido aos estabelecimentos industriais produtores e distribuïdores de gás para aquecimento e iluminação urbanos; a estação depuradora de Rellinghusen (Alemanha), forneceu durante bastante tempo gás à cidade de Essen, não obstante esta se encontrar situada numa bacia hulhífera importante.

Entre nós temos conhecimento duma instalação pública em que se deverá utilizar os gases da fermentação para accionar a maquinaria da referida instalação, e uma outra instalação particular em que se pretendeu utilizar os referidos gases no sistema de aquecimento central, tendo porém a tubagem sido corroída por deficiência de depuração.

Outra interessante aplicação consiste no aproveitamento como carburante, tendo-se constatado em diversas experiências bastante convincentes, que um metro cúbico de gás devidamente comprimido é como carburante equivalente a um litro de gasolina.

No «film» a que anteriormente fizemos referência, é apresentada uma instalação destinada a fornecer o gás comprimido, a veículos motorizados.

No segundo caso apontado, isto é, a recuperação das gorduras arrastadas pelas águas residuais, supomos que seria também assunto a considerar, tanto mais que a extracção das referidas gorduras em nada poderia prejudicar a utilização das águas residuais com fins agrícolas, onde tal utilização tivesse lugar, pois está plenamente provado que as gorduras e óleos minerais contidos nas águas não têm qualquer poder fertilizante, apresentando ainda o inconveniente de influir desfavoràvelmente na utilização das lamas como adubo, e bem assim atrazando consideràvelmente o processo de depuração biológica.

Em ensaios metódica e cuidadosamente realizados se chegou à conclusão de que era pouco recomendável e bastante difícil a extracção das gorduras quer das águas residuais, quer das lamas, sendo mais conveniente efectuar essa recolha, directamente, nos lugares em que elas sejam obtidas em maior quantidade e concentração.

Desta forma, julgamos que seria bastante conveniente a organização duma lista das indústrias, prováveis desperdiçadoras de gorduras, (grandes hotéis, lavagem e penteação de lãs, fábricas de sabões, matadouros, garagens, etc.) procedendo-se em seguida a um inquérito onde fôssem englobadas as intalações que pela quantidade e concentração das gorduras desperdiçadas justificassem a montagem de instalações separadoras, com suficientes garantias de rendimento.

Março de 1940.

Conferências de M. Albert Cacquot em Lisboa

Por iniciativa do Instituto Francês em Portugal, esteve recentemente entre nós o distinto engenheiro M. Albert Cacquot, tendo efectuado 3 conferências que despertaram justificado interêsse: «Science et Civilisation», na Ordem dos Engenheiros; «Idées nouvelles sur l'elasticité et la plasticité», e «Nouvelles instalations portuaires», no I. S. T., que esperamos poder publicar brevemente.

VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

Grupo Desportivo

Secção de Volley-Ball

A équipe do Técnico, confirmando a sua superioridade incontestável nesta modalidade desportiva, ganhou brilhantemente o Campeonato Nacional Universitário de Volley-Ball.

Secção de Xadrez

Pela segunda vez consecutiva, o Campeonato Individual de Xadrez de Lisboa, foi ganho por um representante do Técnico. No Torneio dêste ano — que reunia os melhores jogadores do País com excepção do Campeão Nacional — classificou-se em 1.º lugar o nosso colega Alberto Correia Neves.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Memorial do Electricista

Transformadores

Pelo Eng.º JULIÃO SENNA

Êste volume trata da construção, características, uncionamento, montagem, refrigeração e avarias dos transformadores; aparelhos para ligação, manobra e protecção em instalações de alta tensão; condutores e seus acessórios para instalações de alta tensão em postos e sub-estações de transformação; etc.

Esquemas de ligação, figuras e tabelas ilustram o texto tornando a obra útil a quem por estes assuntos se interesse.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Estudos Italianos em Portugal — Publicação do Instituto de Cultura Italiana em Portugal.

O Clima de Portugal, Fasc. I. — Trabalho executado sôbre a direcção do Director do Observatório do Infante D. Henrique, Prof. Dr. H. Amorim Ferreira.

O Clima de Trás-os-Montes, pelo Dr. H. Amorim Ferreira.

Elementos para o conhecimento do clima do Estoril, pelo Dr. H. Amorim Ferreira.

Relatório da Administração Geral do Pôrto de Lisboa.

Emprêsa de Cimentos de Maceira, Ltd.ª — Exposição dirigida em 23 de Maio de 1942 ao Ex.mo Sr. Presidente da Comissão para o estudo das características diferenciais entre o cimento «Portland» e a cal hidráulica.

Chambre de commerce française du Portugal — Annuaire 1941.

Boletim Oficial das Juntas de Freguesia de Lisboa.

Publicações periódicas

PORTUGAL

ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Abril de 1942.

ANAIS DO CLUB NAVAL — Janeiro-Fevereiro de 1942.

ARQUIVO FINANCEIRO E SEGURADOR — Março de 1942.

A GRANJA — Março de 1942.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Abril de 1942.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Abril de 1942.

BROTÉRIA — Fasc. 6 — 1942.

ESTUDOS — Fasc. 3 — 1942.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.os 1306, e 1307 e 1308.

GAZETA DE MATEMÁTICA — Maio de 1942.

MEDICINA VETERINÁRIA — Abril de 1942.

GIL VICENTE — Maio de 1942.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Maio de 1942.

NEPTUNO — Março-Abril de 1942.

OCIDENTE — Junho de 1942.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Abril e Maio de 1942.

REVISTA DE ARTILHARIA — Março de 1942.

SEARA NOVA — N.os 772 a 775.

ARGENTINA

CIENCIA Y TECNICA - REVISTA DEL CENTRO DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA — Fevereiro e Março de 1942.

LA INGENIERIA — Dezembro de 1941.

TÉCNOQUIMICA — Dezembro de 1941 e Janeiro-Fevereiro de 1942.

O INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES — Fevereiro de 1942.

ESPANHA

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Junho-1942.

CEMENTO — Maio de 1942.

DYNA — REVISTA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENGENHEIROS INDUSTRIAIS — Junho de 1942.

FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Maio de 1942.

HUNGRIA

TECHNIKA — Maio de 1942.

ITÁLIA

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Maio e Junho de 1942.

L'ELECTROTECNICA — N.os 7, 8 e 9 de 1942.

REVISTA DEL COTASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI — Novembro-Dezembro de 1942.

SUÍÇA

REVUE BROWN BOVERI — Dezembro de 1941.

ALEMANHA

EL PROGRESO DE LA INGENIERIA — Março de 1942.

REVISTA SIEMENS — N.º 2 de 1942.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: NUNO ABRANTES

ADMINISTRADOR: LUIZ DE ALMEIDA ALVES

BIBLIOTECÁRIO: JOSÉ DE LUCENA

CORPO REDACTORIAL: FERNANDO MONJARDINO, FRANCISCO ALMEIDA E CASTRO
JOSÉ PASSOS COELHO, FERNANDO MOITINHO DE ALMEIDA,

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

Ferramentas de alta qualidade
para electricistas

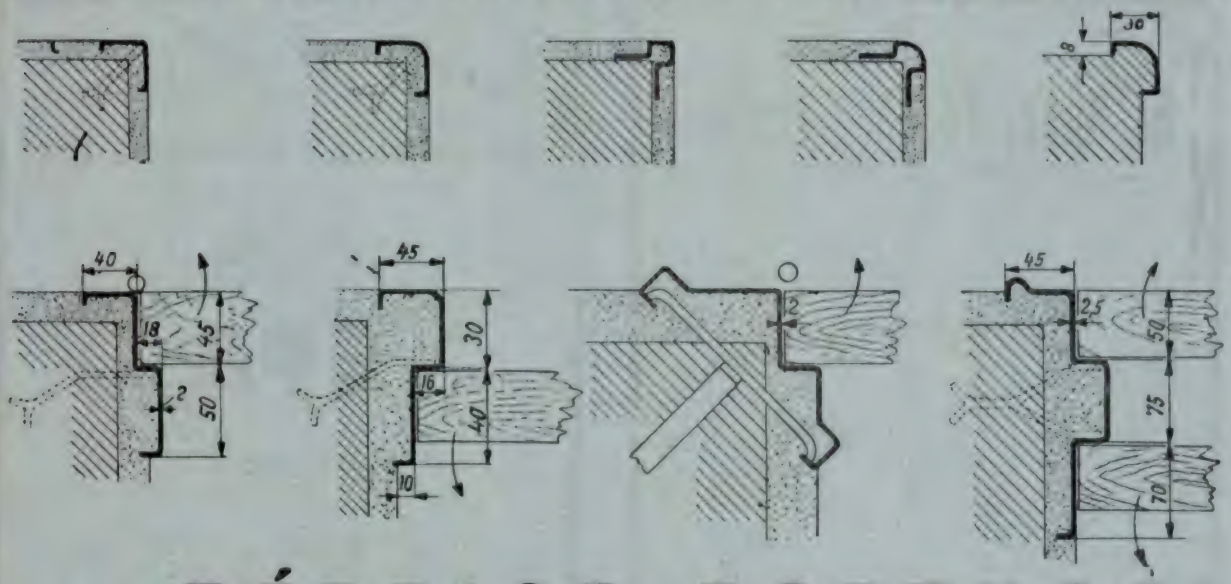
MATHIAS KLEIN & SONS

em exposição na
Rua Augusta, 19

Standard Electrica

TELEFONE 23111/12/13 LISBOA

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA
TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Publicações da TÉCNICA

Tabelas para o Cálculo do Betão Armado Eng. VASCO COSTA
Preço 35$00

O cálculo de Betão Armado aplicado aos edifícios Eng. J. DE CANG
Preço 95$00

Normas e Regulamentos para Instalações Eléctricas
Preço 16$00

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado Eng. VASCO COSTA
Preço 3$00

Cálculo dos Colectores de esgoto de secção ovoide Eng. José Gomes Alvarez
Preço 6$00

Pontos Modelos de exames de aptidão ao I. S. T. Preço 9$00

Regulamento de Pontes Metálicas
Preço 6$00

Desconto de 10 % aos nossos assinantes

A' venda na redacção da TECNICA

Na Redacção da «Técnica»

Compram-se

os n.os

10, 56, 67-68, 96,

104, 119, 120, 121, 122

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas

Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico

Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

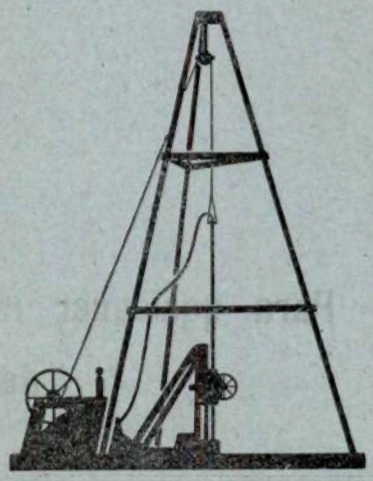
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

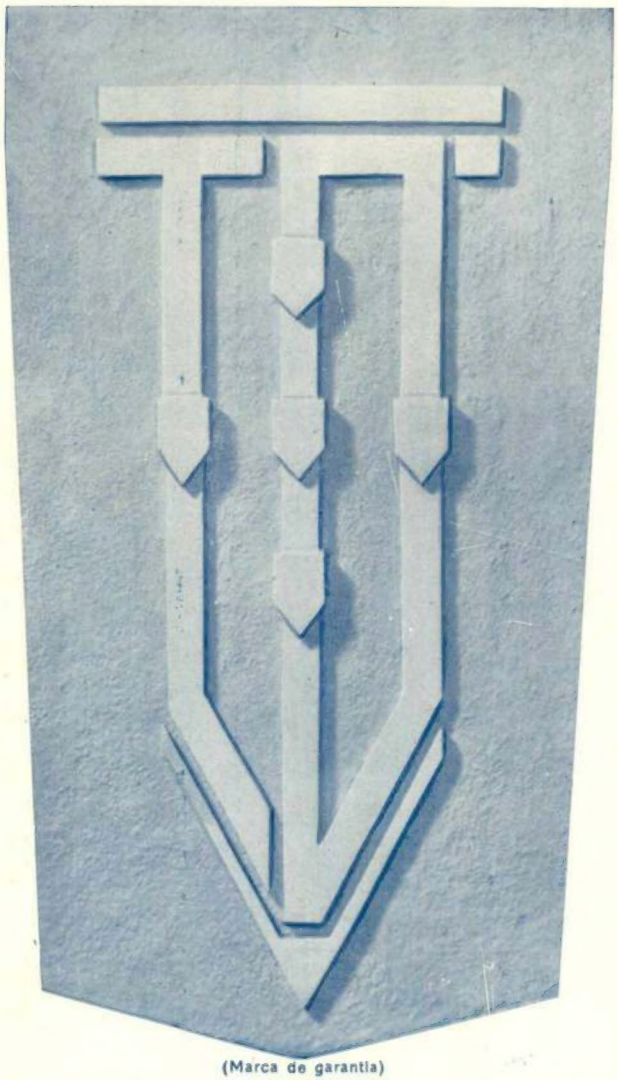
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.° E 4.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

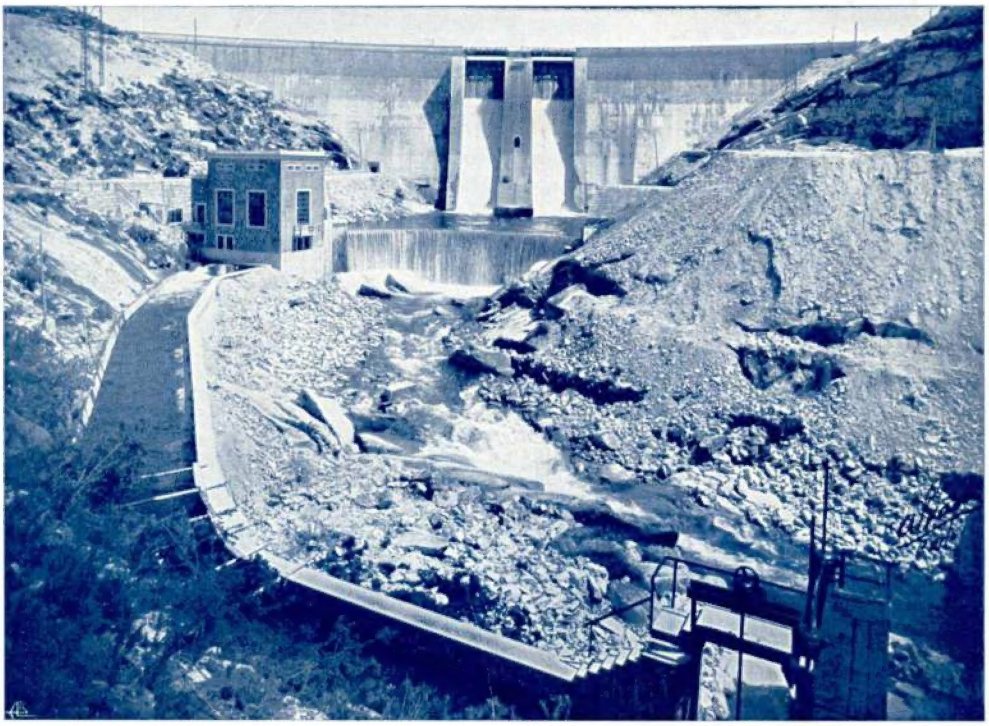
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.